

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-244098

(43)Date of publication of application : 21.09.1993

---

(51)Int.Cl.

H04B 10/08

G02B 6/28

G08C 23/00

G08C 25/00

H04B 17/02

---

(21)Application number : 04-042835

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 28.02.1992

(72)Inventor : TSUSHIMA HIDEAKI  
SASAKI SHINYA  
NAKANO YUKIO  
NAKANO HIROYUKI  
TAKEYARI RIYOUJI  
MATSUDA HIRONARI

---

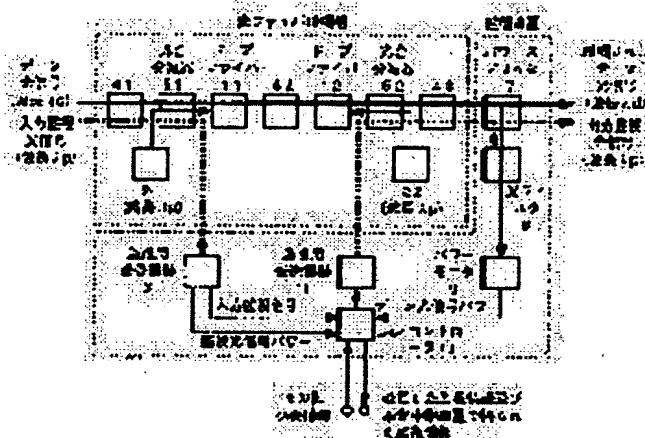
(54) OPTICAL TRANSMISSION EQUIPMENT, OPTICAL REPEATER, OPTICAL RECEPTION EQUIPMENT, OPTICAL FIBER TRANSMISSION SYSTEM, AND ITS MONITORING METHOD

BEST AVAILABLE COPY

(57)Abstract:

PURPOSE: To transfer monitoring information without lowering the output power of an optical, fiber amplifier by providing an optical transmitter for monitoring which converts an electric signal for monitoring into an optical signal and an optical multiplexer/demultiplexer arranged behind a doped fiber at optical transmission equipment.

CONSTITUTION: An input side optical multiplexer/demultiplexer 5-1 demultiplexes an input monitoring optical signal (d) from the optical signal inputted to an optical repeater, and simultaneously, multiplexes excitation light. A data optical signal (c) is amplified by the doped fibers 1-1, 1-2, and is inputted to an output side optical multiplexer/demultiplexer 5-2, and the input monitoring optical signal (d) is inputted to a monitoring device (b). The output side optical multiplexer/demultiplexer 5-2 outputs by multiplexing an output monitoring optical signal (f) outputted from an optical transmitter 11 for monitoring with an amplified data optical signal (e), and simultaneously, multiplexes the excitation light in a reverse direction. The monitoring device (b) is comprised of an optical receiver 6 for monitoring, a power splitter 7, an optical filter 8, a power monitor 9, a controller 10, and the optical transmitter 11 for monitoring.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]	19.02.1999
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	17.04.2001
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	3232625
[Date of registration]	21.09.2001
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	2001-08059
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	16.05.2001
[Date of extinction of right]	

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-244098

(43)公開日 平成5年(1993)9月21日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

H 0 4 B 10/08

G 0 2 B 6/28

G 0 8 C 23/00

25/00

B 7820-2K

A 6964-2F

K 6964-2F

8426-5K

H 0 4 B 9/ 00

K

審査請求 未請求 請求項の数61(全 28 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願平4-42835

(22)出願日

平成4年(1992)2月28日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 対馬 英明

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 佐々木 慎也

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 中野 幸男

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光送信装置、光中継装置、光受信装置、光ファイバ伝送システム、及び、その監視方法

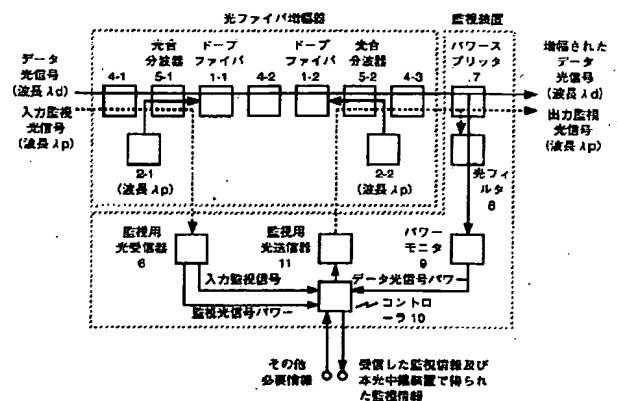
(57)【要約】

【目的】 光ファイバ増幅器の出力パワーを低下させることなく光ファイバ伝送システムの監視情報転送を実現する。

【構成】 監視情報転送は、光中継装置内に光ファイバ増幅器の励起光源と略同じ波長の監視用光送信器及び光受信器を設け、光中継装置の入力側では第1光合分波器により励起光を順方向に合波すると同時に波長多重されて送られてきた監視光信号を分波して該監視用光受信器にて受信し、光中継装置の出力側では第2光合分波器により励起光を逆方向に合波すると同時に該監視用光送信器から出力する監視光信号を合波することにより実現できる。

【効果】 監視情報転送を簡易な構成で実現できる。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】データをデータ光信号（波長 $\lambda_d$ ）に変換するデータ用光送信器と該データ光信号を増幅する光ファイバ増幅器とから構成される光送信装置において、監視電気信号を監視光信号（波長 $\lambda_p$ ）に変換する監視用光送信器を設け、該光ファイバ増幅器は、添加物をドープした光ファイバ（ドープファイバ）と、該ドープファイバを励起する波長 $\lambda_p$ の励起光を出力する励起光源と、該ドープファイバの後に配置され、且つ、増幅された該データ光信号とは逆方向に該励起光を合波すると同時に該監視光信号を該データ光信号と同方向に合波する光合分波器とから構成されることを特徴とする光送信装置。

【請求項 2】請求項 1 記載の光送信装置において、上記光合分波器の後段にパワースプリッタを設け、該パワースプリッタの一方の出力光からデータ光信号のみを抽出する光フィルタと抽出した該データ光信号のパワー $P_d$ を検出するパワーモニタとを設け、該 $P_d$ を測定するコントローラを設け、測定結果を監視情報として上記監視電気信号に付加することを特徴とする光送信装置。

【請求項 3】請求項 2 記載の光送信装置において、上記コントローラは $P_d$ の測定データを上記監視電気信号に付加することを特徴とする光送信装置。

【請求項 4】光ファイバ増幅器を用いてデータ光信号（波長 $\lambda_d$ ）を増幅する光中継装置において、該光ファイバ増幅器は、ドープファイバと、該ドープファイバへの第 1 及び第 2 励起光を出力する第 1 及び第 2 励起光源（波長 $\lambda_p$ ）と、該ドープファイバの前に配置され、且つ、該データ光信号に合波されて送られてきた監視光信号 1（波長 $\lambda_p$ ）を分波すると同時に第 1 励起光を該データ光信号と同方向に合波する第 1 光合分波器と、該ドープファイバの後に配置され、且つ、増幅された該データ光信号とは逆方向に第 2 励起光を合波すると同時に監視光信号 2（波長 $\lambda_p$ ）を該データ光信号と同方向に合波する第 2 光合分波器とから少なくとも構成され、該監視光信号 1 を受信して監視電気信号 1 を出力する監視用光受信器と、該監視電気信号 1 に監視情報を付加して監視電気信号 2 を出力するコントローラと、該監視電気信号 2 を上記監視光信号 2 に変換する監視用光送信器とを設けることを特徴とする光中継装置。

【請求項 5】請求項 4 において、上記監視用光受信器は上記監視光信号 1 のパワー $P_w$ を検出することを特徴とする光中継装置。

【請求項 6】請求項 5 記載の光中継装置において、上記第 2 光合分波器の後段にパワースプリッタを設け、該パワースプリッタの一方の出力光からデータ光信号のみを抽出する光フィルタと抽出した該データ光信号のパワー $P_d$ を検出するパワーモニタとを設けたことを特徴とする光中継装置。

【請求項 7】請求項 6 記載の光中継装置において、上記

コントローラは上記 $P_w$ および $P_d$ を測定し、測定結果を上記監視情報とすることを特徴とする光中継装置。

【請求項 8】データ光信号（波長 $\lambda_d$ ）を増幅する光ファイバ増幅器と該データ光信号をデータに変換するデータ用光受信器とから構成される光受信装置において、該光ファイバ増幅器は、ドープファイバと、該ドープファイバを励起する波長 $\lambda_p$ の励起光を出力する励起光源と、該ドープファイバの前に配置され、且つ、該データ光信号に合波されて送られてきた監視光信号（波長 $\lambda_p$ ）を分波すると同時に励起光を該データ光信号と同方向に合波する光合分波器とから少なくとも構成され、該監視光信号を受信して監視電気信号を出力する監視用光受信器を設けたことを特徴とする光受信装置。

【請求項 9】請求項 8 において、上記監視用光受信器は上記監視光信号のパワー $P_w$ を検出することを特徴とする光受信装置。

【請求項 10】請求項 9 記載の光受信装置において、上記データ用光受信器は、増幅されたデータ光信号のパワー $P_d$ を検出することを特徴とする光受信装置。

【請求項 11】請求項 10 記載の光受信装置において、上記 $P_w$ および $P_d$ を測定するコントローラを設け、測定結果を監視情報とすることを特徴とする光受信装置。

【請求項 12】請求項 11 記載の光受信装置において、上記コントローラは上記監視電気信号に少なくとも上記監視情報を付加して出力することを特徴とする光受信装置。

【請求項 13】請求項 3 記載の光送信装置と、1 台以上の請求項 7 記載の光中継装置と、請求項 12 記載の光受信装置とを、複数の伝送路光ファイバで継続接続することを特徴とする光ファイバ伝送システム。

【請求項 14】請求項 13 記載の光ファイバ伝送システムにおいて、上記光受信装置内のコントローラは、各光中継装置の $P_w$ および $P_d$ に関する測定データから、 $P_w$ が正常値で $P_d$ が非正常値の場合には光中継装置内の光ファイバ増幅器が異常であると判断し、 $P_w$ が非正常値で $P_d$ が正常値の場合には光中継装置内の監視用光受信器、あるいは、前段の光中継装置内の監視用光送信器が異常であると判断し、また、 $P_w$ および $P_d$ がともに非正常値の場合には光中継装置と前段の光中継装置との間の伝送路光ファイバが異常であると判断することを特徴とする監視方法。

【請求項 15】請求項 13 記載の光ファイバ伝送システムにおいて、光送信装置内のコントローラは、 $P_d$ に関する測定データから、 $P_d$ が非正常値の場合には光送信装置内の光ファイバ増幅器が異常であると判断し、該判断結果を監視情報として監視電気信号に付加することを特徴とする監視方法。

【請求項 16】請求項 13 記載の光ファイバ伝送システムにおいて、各光中継装置内のコントローラは、 $P_w$ および $P_d$ に関する測定データから、 $P_w$ が正常値で $P_d$

が非正常値の場合には光中継装置内の光ファイバ増幅器が異常であると判断し、 $P_w$ が非正常値で $P_d$ が正常値の場合には光中継装置内の監視用光受信器、あるいは、前段の光中継装置内の監視用光送信器が異常であると判断し、また、 $P_w$ および $P_d$ がともに非正常値の場合には光中継装置と前段の光中継装置との間の伝送路光ファイバが異常であると判断し、該判断結果を監視情報として各中継装置における監視電気信号2に付加することを特徴とする監視方法。

【請求項17】請求項15乃至16のいずれかに記載の光ファイバ伝送システムにおいて、上記光受信装置内のコントローラは、該光受信装置の $P_w$ および $P_d$ に関する測定データから、 $P_w$ が正常値で $P_d$ が非正常値の場合には該光受信装置内の光ファイバ増幅器が異常であると判断し、 $P_w$ が非正常値で $P_d$ が正常値の場合には該光受信装置内の監視用光受信器、あるいは、前段の光中継装置内の監視用光送信器が異常であると判断し、また、 $P_w$ および $P_d$ がともに非正常値の場合には該光受信装置と前段の光中継装置との間の伝送路光ファイバが異常であると判断することを特徴とする監視方法。

【請求項18】請求項13記載の光ファイバ伝送システムにおいて、監視光信号が合波されたデータ光信号を分岐して、該分岐光信号を新たに設けた請求項12記載の光受信装置にて受信することを特徴とする光ファイバ伝送システム。

【請求項19】請求項18記載の光ファイバ伝送システムにおいて、上記分岐光信号を新たに設けた請求項7記載の光中継装置にて増幅し、新たに設けた伝送路光ファイバにて伝送した後に上記光受信装置にて受信することを特徴とする光ファイバ伝送システム。

【請求項20】請求項10記載の光受信装置において、検出したデータ光信号パワー $P_d$ に比例する電圧信号と基準電圧信号とを入力とし、これら二つの信号の差の電圧に比例する制御信号を出力する制御回路と、該制御信号が零になる方向に励起光源への注入電流を制御する駆動回路とを設けたことを特徴とする光受信装置。

【請求項21】光ファイバ増幅器を用いてデータ光信号（波長 $\lambda_d$ ）を増幅する光中継装置において、該光ファイバ増幅器は、ドープファイバと、該ドープファイバへの第1励起光（波長略 $\lambda_{p'}$ ）及び第2励起光（波長略 $\lambda_p$ ）を出力する第1及び第2励起光源と、該データ光信号に合波されて送られてきた監視光信号1（波長略 $\lambda_w$ ）を分波する光分波器と、該光分波器にて分波されたデータ光信号と同方向に第1励起光を合波する光合波器と、該ドープファイバの後に配置され、且つ、増幅された該データ光信号とは逆方向に第2励起光を合波すると同時に監視光信号2（波長略 $\lambda_p$ ）を該データ光信号と同方向に合波する第2光合波器とから少なくとも構成され、該監視光信号1を受信して監視電気信号1を出力する監視用光受信器と、該監視電気信号1に監視情報を付

付加して監視電気信号2を出力するコントローラと、該監視電気信号2を上記監視光信号2に変換する監視用光送信器とを設けることを特徴とする光中継装置。

【請求項22】データ光信号（波長 $\lambda_d$ ）を増幅する光ファイバ増幅器と該データ光信号をデータに変換するデータ用光受信器とから構成される光受信装置において、該光ファイバ増幅器は、ドープファイバと、該ドープファイバを励起する励起光（波長略 $\lambda_{p'}$ ）を出力する励起光源と、該データ光信号に合波されて送られてきた監視光信号（波長略 $\lambda_p$ ）を分波する光分波器と、該光分波器にて分波されたデータ光信号と同方向に該励起光を合波する光合波器とから少なくとも構成され、該監視光信号を受信して監視電気信号を出力する監視用光受信器を設けたことを特徴とする光受信装置。

【請求項23】請求項3記載の光送信装置と、1台以上の請求項21記載の光中継装置と、請求項22記載の光受信装置を、複数の伝送路光ファイバで縦続接続することを特徴とする光ファイバ伝送システム。

【請求項24】請求項23記載の光ファイバ伝送システムにおいて、波長 $\lambda_d$ を略1.55 $\mu\text{m}$ 、波長 $\lambda_p$ を略1.48 $\mu\text{m}$ 、波長 $\lambda_{p'}$ を略0.98 $\mu\text{m}$ とすることを特徴とする光ファイバ伝送システム。

【請求項25】データをデータ光信号（波長 $\lambda_d$ ）に変換するデータ用光送信器と該データ光信号を増幅する光ファイバ増幅器とから構成される光送信装置において、監視電気信号を監視光信号（波長略 $\lambda_w$ ）に変換する監視用光送信器を設け、該光ファイバ増幅器は、添加物をドープした光ファイバ（ドープファイバ）と、該ドープファイバを励起する励起光（波長略 $\lambda_{p''}$ ）を出力する励起光源と、該ドープファイバの後に配置され、且つ、増幅された該データ光信号とは逆方向に該励起光を合波する光合波器と、該光合波器の後に配置され、且つ、該監視光信号を該データ光信号と同方向に合波する光合波器とから少なくとも構成されることを特徴とする光送信装置。

【請求項26】光ファイバ増幅器を用いてデータ光信号（波長 $\lambda_d$ ）を増幅する光中継装置において、該光ファイバ増幅器は、ドープファイバと、該ドープファイバへの第1励起光（波長略 $\lambda_{p'}$ ）及び第2励起光（波長略 $\lambda_{p''}$ ）を出力する第1及び第2励起光源と、該データ光信号に合波されて送られてきた監視光信号1（波長略 $\lambda_w$ ）を分波する光分波器と、該光分波器にて分波されたデータ光信号と同方向に第1励起光を合波する第1光合波器と、該ドープファイバの後に配置され、且つ、増幅された該データ光信号とは逆方向に第2励起光を合波する第2光合波器と、該第2光合波器の後に配置され、且つ、監視光信号2（波長略 $\lambda_w$ ）をデータ光信号と同方向に合波する第3光合波器とから少なくとも構成され、該監視光信号1を受信して監視電気信号1を出力する監視用光受信器と、該監視電気信号1に監視情報を付

加して監視電気信号2を出力するコントローラと、該監視電気信号2を上記監視光信号2に変換する監視用光送信器とを設けることを特徴とする光中継装置。

【請求項27】請求項25記載の光送信装置と、1台以上の請求項26記載の光中継装置と、請求項22記載の光受信装置を、複数の伝送路光ファイバで縦続接続することを特徴とする光ファイバ伝送システム。

【請求項28】請求項27記載の光ファイバ伝送システムにおいて、波長 $\lambda_d$ を略1.55 $\mu\text{m}$ 、波長 $\lambda_w$ を略1.48 $\mu\text{m}$ あるいは略1.6 $\mu\text{m}$ 、波長 $\lambda_{p'}$ 及び $\lambda_p$ を略0.98 $\mu\text{m}$ とすることを特徴とする光ファイバ伝送システム。

【請求項29】請求項27記載の光ファイバ伝送システムにおいて、波長 $\lambda_d$ を略1.55 $\mu\text{m}$ 、波長 $\lambda_w$ を略1.48 $\mu\text{m}$ あるいは略1.6 $\mu\text{m}$ 、波長 $\lambda_{p'}$ を略0.98 $\mu\text{m}$ 、 $\lambda_p$ を略1.48 $\mu\text{m}$ とすることを特徴とする光ファイバ伝送システム。

【請求項30】請求項27記載の光ファイバ伝送システムにおいて、波長 $\lambda_d$ を略1.55 $\mu\text{m}$ 、波長 $\lambda_w$ を略1.48 $\mu\text{m}$ あるいは略1.6 $\mu\text{m}$ 、波長 $\lambda_{p'}$ 及び $\lambda_p$ を略1.48 $\mu\text{m}$ とすることを特徴とする光ファイバ伝送システム。

【請求項31】請求項27記載の光ファイバ伝送システムにおいて、波長 $\lambda_w$ を光ファイバ増幅器の帯域外の波長とすることを特徴とする光ファイバ伝送システム。

【請求項32】請求項13記載の光ファイバ伝送システムにおいて、波長 $\lambda_d$ を略1.55 $\mu\text{m}$ 、波長 $\lambda_p$ を略1.48 $\mu\text{m}$ とすることを特徴とする光ファイバ伝送システム。

【請求項33】データをデータ光信号(波長 $\lambda_d$ )に変換するデータ用光送信器と該データ光信号を増幅する光ファイバ増幅器とから構成される光送信装置において、監視電気信号を監視光信号(波長略 $\lambda_p$ )に変換する監視用光送信器を設け、該光ファイバ増幅器は、ドープファイバと、該ドープファイバを励起する波長略 $\lambda_p$ の第1、第2、第3、及び、第4励起光をそれぞれ出力する第1、第2、第3、及び、第4励起光源と、第1及び第2励起光を偏波状態が直交した状態で合成して第1合成励起光を出力する第1偏光プリズムと、該ドープファイバの前に配置され、且つ、該第1合成励起光と上記データ光信号とを合波する光合波器と、第3及び第4励起光を偏波状態が直交した状態で合成して第2合成励起光を出力する第2偏光プリズムと、該ドープファイバの後に配置され、且つ、増幅された該データ光信号とは逆方向に該第2合成励起光を合波すると同時に該監視光信号を該データ光信号と同方向に合波する光合分波器とから少なくとも構成されることを特徴とする光送信装置。

【請求項34】光ファイバ増幅器を用いてデータ光信号(波長 $\lambda_d$ )を増幅する光中継装置において、該光ファイバ増幅器は、第1ドープファイバと、第1ドープフ

ィバを励起する第1励起光を出力する第1励起光源(波長略 $\lambda_p$ )と、第1ドープファイバの前に配置され、且つ、該データ光信号に合波されて送られてきた監視光信号1(波長略 $\lambda_p$ )を分波すると同時に第1励起光を該データ光信号と同方向に合波する第1光合分波器と、第1ドープファイバの後に配置される第2ドープファイバと、第2ドープファイバを励起する第2、第3、第4、及び、第5励起光を出力する第2、第3、第4、及び、第5励起光源(波長略 $\lambda_p$ )と、第2及び第3励起光を偏波状態が直交した状態で合成して第1合成励起光を出力する第1偏光プリズムと、該第2ドープファイバの前に配置され、且つ、該第1合成励起光と第1ドープファイバから出力するデータ光信号とを合波する光合波器と、第4及び第5励起光を偏波状態が直交した状態で合成して第2合成励起光を出力する第2偏光プリズムと、第2ドープファイバの後に配置され、且つ、増幅された該データ光信号とは逆方向に該第2合成励起光を合波すると同時に監視光信号2(波長略 $\lambda_p$ )を該データ光信号と同方向に合波する第2光合分波器とから少なくとも構成され、該監視光信号1を受信して監視電気信号1を出力する監視用光受信器と、該監視電気信号1に監視情報を付加して監視電気信号2を出力するコントローラと、該監視電気信号2を上記監視光信号2に変換する監視用光送信器とを設けることを特徴とする光中継装置。

【請求項35】請求項33記載の光送信装置と、1台以上の請求項34記載の光中継装置と、請求項12記載の光受信装置を、複数の伝送路光ファイバで縦続接続することを特徴とする光ファイバ伝送システム。

【請求項36】請求項1記載の光送信装置と、1台以上の請求項4記載の光中継装置と、請求項8記載の光受信装置を、複数の伝送路光ファイバで縦続接続することを特徴とする光ファイバ伝送システム。

【請求項37】請求項13、18、19、23、24、27、28、29、30、31、32、35、36のいずれかに記載の光ファイバ伝送システムにおいて、転送する監視光信号に各光中継装置および光受信装置を制御する制御信号を付加することを特徴とする光ファイバ伝送システム。

【請求項38】請求項13、18、19、23、24、27、28、29、30、31、32、35、36のいずれかに記載の光ファイバ伝送システムにおいて、上記光送信装置のコントローラに各光中継装置および光受信装置を制御する制御信号を入力し、該コントローラは監視電気信号に該制御信号を付加して出力し、上記監視用光送信器は該出力信号を監視光信号に変換することを特徴とする光ファイバ伝送システム。

【請求項39】データをデータ光信号(波長 $\lambda_d$ )に変換するデータ用光送信器と該データ光信号を増幅する光ファイバ増幅器とから構成される光送信装置において、監視電気信号を監視光信号(波長略 $\lambda_p$ )に変換する監

視用光送信器を設け、該光ファイバ増幅器は、添加物をドーピングした光ファイバ（ドープファイバ）と、該ドープファイバを励起する波長略 $\lambda_p$ 'の励起光を出力する励起光源と、該ドープファイバの後に配置され、且つ、増幅された該データ光信号とは逆方向に該励起光を合波すると同時に該監視光信号を該データ光信号と同方向に合波する光合分波器とから少なくとも構成されることを特徴とする光送信装置。

【請求項40】請求項39記載の光送信装置において、上記光合分波器の後段にパワースプリッタを設け、該パワースプリッタの一方の出力光からデータ光信号のみを抽出する光フィルタと抽出した該データ光信号のパワー $P_d$ を検出するパワーモニタとを設け、該 $P_d$ を測定するコントローラを設け、測定結果等を監視情報として上記監視電気信号に付加することを特徴とする光送信装置。

【請求項41】光ファイバ増幅器を用いてデータ光信号（波長 $\lambda_d$ ）を増幅する光中継装置において、該光ファイバ増幅器は、ドープファイバと、該ドープファイバへの第1励起光（波長略 $\lambda_p$ '）を出力する第1励起光源と、該ドープファイバへの第2励起光（波長略 $\lambda_p$ ）を出力する第2励起光源と、該ドープファイバの前に配置され、且つ、該データ光信号に合波されて送られてきた監視光信号1（波長略 $\lambda_p$ ）を分波すると同時に第1励起光を該データ光信号と同方向に合波する第1光合分波器と、該ドープファイバの後に配置され、且つ、増幅された該データ光信号とは逆方向に第2励起光を合波すると同時に監視光信号2（波長略 $\lambda_p$ ）を該データ光信号と同方向に合波する第2光合分波器とから少なくとも構成され、該監視光信号1を受信して監視電気信号1を出力する監視用光受信器と、該監視電気信号1に監視情報を付加して監視電気信号2を出力するコントローラと、該監視電気信号2を上記監視光信号2に変換する監視用光送信器とを設けることを特徴とする光中継装置。

【請求項42】光ファイバ増幅器を用いてデータ光信号（波長 $\lambda_d$ ）を増幅する光中継装置において、該光ファイバ増幅器は、第1及び第2ドープファイバと、第1ドープファイバへの励起光を出力する第1励起光源（波長略 $\lambda_p$ '）と、第2ドープファイバへの励起光を出力する第2励起光源（波長略 $\lambda_p$ ）と、第1ドープファイバの前に配置され、且つ、該データ光信号に合波されて送られてきた監視光信号1（波長略 $\lambda_p$ ）を分波すると同時に該励起光（波長略 $\lambda_p$ '）を該データ光信号と同方向に合波する第1光合分波器と、第2ドープファイバの後に配置され、且つ、増幅された該データ光信号とは逆方向に該励起光（波長略 $\lambda_p$ ）を合波すると同時に監視光信号2（波長略 $\lambda_p$ ）を該データ光信号と同方向に合波する第2光合分波器とから少なくとも構成され、該監視光信号1を受信して監視電気信号1を出力する監視用光受信器と、該監視電気信号1に監視情報を付加して監

視電気信号2を出力するコントローラと、該監視電気信号2を上記監視光信号2に変換する監視用光送信器とを設けることを特徴とする光中継装置。

【請求項43】光ファイバ増幅器を用いてデータ光信号（波長 $\lambda_d$ ）を増幅する光中継装置において、該光ファイバ増幅器は、ドープファイバと、該ドープファイバへの第1及び第2励起光を出力する第1及び第2励起光源（波長略 $\lambda_p$ '）と、該ドープファイバの前に配置され、且つ、該データ光信号に合波されて送られてきた監視光信号1（波長略 $\lambda_p$ ）を分波すると同時に第1励起光を該データ光信号と同方向に合波する第1光合分波器と、該ドープファイバの後に配置され、且つ、増幅された該データ光信号とは逆方向に第2励起光を合波すると同時に監視光信号2（波長略 $\lambda_p$ ）を該データ光信号と同方向に合波する第2光合分波器とから少なくとも構成され、該監視光信号1を受信して監視電気信号1を出力する監視用光受信器と、該監視電気信号1に監視情報を付加して監視電気信号2を出力するコントローラと、該監視電気信号2を上記監視光信号2に変換する監視用光送信器とを設けることを特徴とする光中継装置。

【請求項44】請求項41、42、43のいずれかに記載の光中継装置において、上記監視用光受信器は上記監視光信号1のパワー $P_w$ を検出し、上記第2光合分波器の後段にパワースプリッタを設け、該パワースプリッタの一方の出力光からデータ光信号のみを抽出する光フィルタと抽出した該データ光信号のパワー $P_d$ を検出するパワーモニタとを設けたことを特徴とする光中継装置。

【請求項45】請求項44記載の光中継装置において、上記コントローラは上記 $P_w$ および $P_d$ を測定し、測定結果等を上記監視情報とすることを特徴とする光中継装置。

【請求項46】データ光信号（波長 $\lambda_d$ ）を増幅する光ファイバ増幅器と該データ光信号をデータに変換するデータ用光受信器とから構成される光受信装置において、該光ファイバ増幅器は、ドープファイバと、該ドープファイバを励起する波長略 $\lambda_p$ 'の励起光を出力する励起光源と、該ドープファイバの前に配置され、且つ、該データ光信号に合波されて送られてきた監視光信号（波長略 $\lambda_p$ ）を分波すると同時に励起光を該データ光信号と同方向に合波する光合分波器とから少なくとも構成され、該監視光信号を受信して監視電気信号を出力する監視用光受信器を設けたことを特徴とする光受信装置。

【請求項47】請求項46記載の光受信装置において、上記監視用光受信器は上記監視光信号のパワー $P_w$ を検出し、上記データ用光受信器は増幅されたデータ光信号のパワー $P_d$ を検出することを特徴とする光受信装置。

【請求項48】請求項47記載の光受信装置において、上記 $P_w$ および $P_d$ を測定するコントローラを設け、該コントローラは測定結果等の監視情報を上記監視電気信号に付加して出力することを特徴とする光受信装置。

【請求項 49】請求項 3 乃至 40 のいずれかに記載の光送信装置と、1 台以上の請求項 7 乃至 45 のいずれかに記載の光中継装置と、請求項 12 乃至 48 のいずれかに記載の光受信装置を、複数の伝送路光ファイバで縦続接続することを特徴とする光ファイバ伝送システム。

【請求項 50】請求項 49 記載の光ファイバ伝送システムにおいて、上記光受信装置内のコントローラは、各光中継装置の  $P_w$  および  $P_d$  に関する測定データから、 $P_w$  が正常値で  $P_d$  が非正常値の場合には光中継装置内の光ファイバ増幅器が異常であると判断し、 $P_w$  が非正常値で  $P_d$  が正常値の場合には光中継装置内の監視用光受信器、あるいは、前段の光中継装置内の監視用光送信器が異常であると判断し、また、 $P_w$  および  $P_d$  がともに非正常値の場合には光中継装置と前段の光中継装置との間の伝送路光ファイバが異常であると判断することを特徴とする監視方法。

【請求項 51】請求項 49 記載の光ファイバ伝送システムにおいて、光送信装置内のコントローラは、 $P_d$  に関する測定データから、 $P_d$  が非正常値の場合には光送信装置内の光ファイバ増幅器が異常であると判断し、該判断結果を監視情報として監視電気信号に付加することを特徴とする監視方法。

【請求項 52】請求項 49 記載の光ファイバ伝送システムにおいて、各光中継装置内のコントローラは、 $P_w$  および  $P_d$  に関する測定データから、 $P_w$  が正常値で  $P_d$  が非正常値の場合には光中継装置内の光ファイバ増幅器が異常であると判断し、 $P_w$  が非正常値で  $P_d$  が正常値の場合には光中継装置内の監視用光受信器、あるいは、前段の光中継装置内の監視用光送信器が異常であると判断し、また、 $P_w$  および  $P_d$  がともに非正常値の場合には光中継装置と前段の光中継装置との間の伝送路光ファイバが異常であると判断し、該判断結果を監視情報として各中継装置における監視電気信号 2 に付加することを特徴とする監視方法。

【請求項 53】請求項 39、41、42、43、46 のいずれかに記載の波長  $\lambda_d$  及び  $\lambda_p$  はそれぞれ略 1.55  $\mu\text{m}$  及び略 0.98  $\mu\text{m}$  とし、波長  $\lambda_p$  は上記光ファイバ増幅器の帯域外とすることを特徴とする光ファイバ伝送システム。

【請求項 54】請求項 53 記載の波長  $\lambda_p$  は略 1.48  $\mu\text{m}$  あるいは略 1.3  $\mu\text{m}$  とすることを特徴とする光ファイバ伝送システム。

【請求項 55】請求項 41、42、43 のいずれかに記載の第 1 光合分波器と監視用光受信器の間に、波長  $\lambda_p$  を透過して波長  $\lambda_p'$  を除去する光フィルタを設けることを特徴とする光中継装置。

【請求項 56】請求項 46 記載の光合分波器と監視用光受信器の間に、請求項 55 記載の光フィルタを設けることを特長とする光受信装置。

【請求項 57】光ファイバ内位相変調用光源と、該光源

に光強度変調をかける変調用信号源と、該光源から出力する光とデータ光信号とを合波する光合波器とから構成されることを特徴とする誘導ブリュアン散乱抑圧装置

【請求項 58】請求項 49 記載の光送信装置、あるいは、光中継装置の出力端に請求項 57 の装置を接続することを特徴とする光ファイバ伝送システム。

【請求項 59】請求項 3 乃至 40 のいずれかに記載の光送信装置において、高周波の変調信号を出力する変調用信号源と、上記監視電気信号に該変調信号を重畳する重畳回路とを設け、変調信号が重畳された監視電気信号にて上記監視用光送信器を駆動し、該監視用光送信器は高周波で光強度変調された監視光信号を出力することを特徴とする光送信装置。

【請求項 60】請求項 7 乃至 45 のいずれかに記載の光中継装置において、高周波の変調信号を出力する変調用信号源と、上記出力監視電気信号に該変調信号を重畳する重畳回路とを設け、変調信号が重畳された出力監視電気信号にて上記監視用光送信器を駆動し、該監視用光送信器は高周波で光強度変調された監視光信号を出力することを特徴とする光中継装置。

【請求項 61】請求項 49 記載の光ファイバ伝送システムにおいて、上記光送信装置、あるいは、上記光中継装置の少なくとも 1 台を、請求項 59 記載の光送信装置、あるいは、請求項 60 記載の光中継装置に置き換えることを特徴とする光ファイバ伝送システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光ファイバ増幅器を用いた光送信装置、光中継装置、光受信装置、及び、光ファイバ伝送システムに関し、特に、その監視および監視情報転送方法に係る。

【0002】

【従来の技術】光ファイバ増幅器は将来の光ファイバ伝送システムにおいて使用される可能性がある。該システムでは光送信装置（データをデータ光信号に変換するデータ用光送信器と光ファイバ増幅器を含む）、光中継装置（光ファイバ増幅器を含む）、光受信装置（光ファイバ増幅器とデータ光信号からデータを再生するデータ用光受信器を含む）、および、それらを接続する光伝送路を監視し、得られた監視情報を光端局まで転送することが必須となる。従来、監視情報転送技術に関しては例えば特開平 3-214936 号公報において述べられている。該従来監視情報転送技術では、（1）データ光信号と該データ光信号に合波されている監視光信号とを同時に各光中継装置内の光ファイバ増幅器にて光増幅する、あるいは、（2）励起光源を二つに分岐して、その一方を監視光信号として使用する、という方法を用いていた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】出力が飽和状態にある



光ファイバ増幅器を想定し、該光ファイバ増幅器にデータ光信号のみを入力した場合に比較すると、上記従来技術(1)では監視光信号も同時に光ファイバ増幅器に入力するために利得が低下してデータ光信号の出力パワーが下がる。また、上記従来技術(2)でも同様に、監視光信号用に励起光を分岐するため励起光パワーが低下し、利得も低下するために光ファイバ増幅器の出力パワーも下がる。通常、光中継装置では内蔵する光ファイバ増幅器を出力飽和状態で使用することが多い。これは、データ光信号の出力パワーを可能な限り大きくする必要があるためである。ところが、上記従来技術を用いると出力パワーの低下が生ずるため問題である。

【0004】本発明の目的は上記問題を解決すること、即ち、光ファイバ増幅器の出力パワーを低下させることなく、光ファイバ増幅器を用いた光ファイバ伝送システムの監視情報転送を実現すること、さらには、該システムの監視を実現することにある。なお光ファイバ増幅器は、添加物をドープした光ファイバ(ドープファイバ)と、該ドープファイバを励起する波長 $\lambda_p$ の光(励起光)を出力する励起光源とを少なくとも有しているものとする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記課題は、下記1および2を実施することにより解決できる。

【0006】1. 監視情報の転送は、光ファイバ伝送システムを構成する光送信装置、光中継装置(1台以上)、および、光受信装置を次のように構成することにより実現できる。即ち、(1)光送信装置からの監視情報転送は、該光送信装置内に、監視情報を含む監視用の電気信号(以下、監視電気信号と略記)を光信号(波長 $\lambda_p$ 、以下出力監視光信号と略記)に変換する監視用光送信器と、ドープファイバの後に配置され、且つ、増幅されたデータ光信号とは逆方向に励起光を合波すると同時に該出力監視光信号を該データ光信号と同方向に合波する光合分波器とを設けることにより実現できる。

(2)光中継装置における監視情報転送は、光中継装置内に、ドープファイバの前に配置され、且つ、データ光信号に合波されて送られてきた監視光信号1(波長 $\lambda_p$ 、以下入力監視光信号と略記)を分波すると同時に第1励起光(波長 $\lambda_p$ 、第1励起光源より出力される)を該データ光信号と同方向に合波する第1光合分波器と、該入力監視光信号を入力監視電気信号に変換する監視用光受信器と、光中継装置に関する監視情報を該入力監視電気信号に付加して出力監視電気信号を出力するコントローラと、該出力監視電気信号を監視光信号2(波長 $\lambda_p$ 、以下出力監視光信号と略記)に変換する監視用光送信器と、ドープファイバの後に配置され、且つ、増幅された該データ光信号とは逆方向に第2励起光(波長 $\lambda_p$ 、第2励起光源より出力される)を合波すると同時に該出力監視光信号を該データ光信号と同方向に合波する

光合分波器とを設けることにより実現できる。さらに、

(3)光受信装置における監視情報の受信は、光受信装置内に、ドープファイバの前に配置され、且つ、データ光信号に合波されて送られてきた監視光信号(波長 $\lambda_p$ 、以下入力監視光信号と略記)を分波すると同時に励起光を該データ光信号と同方向に合波する光合分波器と、該入力監視光信号を入力監視電気信号に変換する監視用光受信器とを設けることにより実現できる。

【0007】2. 光ファイバ伝送システムを構成する光送信装置、光中継装置(1台以上)、光受信装置、および、これらを接続している伝送路の監視は次のように実現できる。即ち、(1)光送信装置の監視は、光送信装置内に、該装置出力光の一部を分岐するパワースプリッタと、該パワースプリッタの一方の出力光からデータ光信号のみを抽出する光フィルタと、抽出した該データ光信号のパワー $P_d$ を検出するパワーモニタとを設け、コントローラは $P_d$ を観測すると同時に $P_d$ の値が正常値からずれた場合に光送信装置が異常であると判断して警告信号を発生することにより実現できる(以下、 $P_d$ の観測値および該警告信号等を光送信装置における監視情報と呼ぶ)。(2)伝送路および該伝送路の後に接続された光中継装置の監視は、監視用光受信器にて分波した入力監視光信号のパワー $P_w$ を検出すると同時に、光中継装置内に、該装置出力光の一部を分岐するパワースプリッタと、該パワースプリッタの一方の出力光からデータ光信号のみを抽出する光フィルタと、抽出した該データ光信号のパワー $P_d$ を検出するパワーモニタとを設け、コントローラは $P_w$ および $P_d$ を観測すると同時に、 $P_d$ の値だけが正常値からずれた場合には光中継装置内の光ファイバ増幅器が異常であると判断し、 $P_w$ の値だけが正常値からずれた場合には監視用光受信器あるいは前段の光中継装置(あるいは光送信装置)の監視用光送信器(波長 $\lambda_p$ )が異常であると判断し、 $P_d$ と $P_w$ の両方が正常値からずれた場合には伝送路が異常であると判断して、それぞれ警告信号を発生することにより実現できる(以下、 $P_d$ と $P_w$ の観測値や該警告信号等を光中継装置における監視情報と呼ぶ)。さらに、

(3)伝送路および該伝送路の後に接続された光受信装置の監視は、監視用光受信器にて分波した入力監視光信号のパワー $P_w$ を検出し、データ用光受信器は受信したデータ光信号のパワー $P_d$ を検出し、さらに、コントローラは $P_w$ および $P_d$ を観測すると同時に、 $P_d$ の値だけが正常値からずれた場合には光受信装置内の光ファイバ増幅器が異常であると判断し、 $P_w$ の値だけが正常値からずれた場合には監視用光受信器あるいは前段の光中継装置の監視用光送信器(波長 $\lambda_p$ )が異常であると判断し、 $P_d$ と $P_w$ の両方が正常値からずれた場合には伝送路が異常であると判断して、警告信号を発生することにより実現できる(以下、 $P_d$ と $P_w$ の観測値や該警告信号等を光受信装置における監視情報と呼ぶ)。

## 【0008】

【作用】上記手段1によれば、光送信装置から送出された監視光信号は、各光中継器にて受信され、監視情報が付加された後に再び監視光信号として送出され、最終的に光受信装置にまで到達し受信されるので、光送信装置、各光中継器および伝送路に関する監視情報を載せた監視光信号を光受信装置にまで転送することができる。この時、各光ファイバ増幅器はデータ光信号のみを入力しているので、従来技術を用いた場合に発生するような出力パワーの低下はない。

【0009】また、上記手段2によれば、(1) 光送信装置は、自身が出力するデータ光信号のパワー $P_d$ を検出できるため、その値の観測により自身の異常を監視でき、(2) 光中継装置は、自身が出力するデータ光信号(伝送路および光中継装置内の光ファイバ増幅器を通過)のパワー $P_d$ と同時に、送られてきた監視光信号(前段の監視用光送信器より出力、伝送路を通過、監視用光受信器にて検出)のパワー $P_w$ も検出できるので、これらパワーの観測により伝送路、光ファイバ増幅器、および、監視用光受信器あるいは前段の監視用光送信器の異常をそれぞれ監視でき、さらに、(3) 光受信装置は、自身が受信するデータ光信号(伝送路および光受信装置内の光ファイバ増幅器を通過)のパワー $P_d$ と同時に、送られてきた監視光信号(前段の監視用光送信器より出力、伝送路を通過、監視用光受信器にて検出)のパワー $P_w$ も検出できるので、これらパワーの観測により伝送路、光ファイバ増幅器、および、監視用光受信器あるいは前段の監視用光送信器の異常をそれぞれ監視できる。即ち、光送信装置、光中継装置、光受信装置、および、伝送路の監視を実現できる。

【0010】なお、本発明にて用いる光合分波器の作用については以下のように説明できる。説明のために、光ファイバ増幅器を用いて実現できる中継装置の代表的な構成例を図2に示す。本中継装置への入力は微弱なデータ光信号(波長 $\lambda_d$ )であり、出力は増幅されたデータ光信号である。本中継装置はエルビウム(Er)等をドープした光ファイバ(以下、ドープファイバと略記)1-1、1-2と、ドープファイバに利得を与える励起光を出力する励起光源(波長 $\lambda_p$ )2-1、2-2と、上記データ光信号と該励起光とを合波する光合波器(3端子)3-1、3-2と、光ファイバ増幅器の発振を防止するためのアイソレータ4-1~4-3とから構成されており、図2のように接続されている。

【0011】上記合波器は(a)反射率が波長依存性を有する誘電体多層膜を表面に形成した光フィルタや

(b) 2本の光ファイバを用いた方向性結合器等、にて実現でき市販されている。図3には、誘電体多層膜フィルタを用いて実現した光合波器3-1の構成例を示す。光合波器内の該誘電体多層膜フィルタでは、波長 $\lambda_d$ の光に対しては反射率がほぼ零となり、波長 $\lambda_p$ の光に対

しては反射率がほぼ100%となるように設定されている。従って、第1ポートから波長 $\lambda_d$ のデータ光信号を入力すると該光信号は該フィルタを通過して第3ポートに出力する。また、第2ポートから波長 $\lambda_p$ の励起光を入力すると、該励起光は該フィルタにて反射されてやはり第3ポートに出力する。この結果、図3(1)に示すように第3ポートからは両波長の光信号を合波した合波光が得られる。即ち本光合波器を用いてデータ光信号と励起光とを合波することができる。同様の原理により、波長 $\lambda_d$ のデータ光信号と波長 $\lambda_p$ の監視光信号とから成る合波光を第1ポートに入力すると、図3(2)に示すようにデータ光信号は該フィルタを通過して第3ポートに出力され、監視光信号は反射される。即ち、合波光を分波することができる。従って、図4(1)に示すように本合波器に第4ポートを新たに設けて4端子の光合分波器とすれば、1台の光合分波器にて、データ光信号との監視光信号とから成る入力合波光から監視光信号を分波して第4ポートに出力すると同時に、データ光信号と励起光とを合波し、該合波光を第3ポートから出力することができる。図4(1)の構成において、第4ポートから波長 $\lambda_p$ の励起光を入力し、第2ポートから波長 $\lambda_p$ の監視光信号を入力すれば、データ光信号とは逆方向に合波された励起光を第1ポートから出力すると同時に、監視光信号を合波したデータ光信号を第3ポートから出力することができる(図4(2)参照)。

【0012】従って、図2の光合波器3-1を図4

(1)の構成の光合分波器(入力側光合分波器)に置換し、且つ、光合波器3-2を図4(2)の構成の光合分波器に置換すれば、中継装置に入力する光信号(データ光信号と監視光信号の合波光)から監視光信号を入力側光合分波器にて分波でき、且つ、監視光信号を合波したデータ光信号を中継装置から出力することができる。即ち、データ光信号伝送用の光ファイバを用いて、前段の光中継装置(あるいは光端局)から送られてきた監視情報を後段の光中継装置(あるいは光端局)に転送することができる。

【0013】以上より、本発明によれば、ドープファイバに励起光を合波する光合分波器にて監視光信号の合波および分波を行なっているので光送信装置、光中継装置、光受信装置、及び、それらを接続する光伝送路の監視および監視情報転送を、各光ファイバ増幅器に出力パワー低下を生じさせることなく実現できるという効果を得る。

【0014】

【実施例】図1には本発明の光中継装置の第1実施例を示す。本装置は光ファイバ増幅器と監視装置とから構成される。光ファイバ増幅器では、図2の構成における光合波器3-1及び3-2のかわりに図4(1)に示す光合分波器を用いている。入力側光合分波器5-1は光中継装置に入力する光信号(データ光信号と入力監視光信

号から成る) から入力監視光信号を分波すると同時に励起光を合波する。データ光信号はドープファイバにて増幅されて出力側合分波器 5-2 に入力し、入力監視光信号は監視装置に入力する。出力側合分波器 5-2 は監視用光送信器から出力された出力監視光信号を増幅されたデータ光信号に合波して出力すると同時に励起光を逆方向に合波している。監視装置は、分波された上記入力監視光信号を入力監視電気信号に変換すると同時に入力監視光信号パワー  $P_w$  を検出する監視用光受信器 6 と、光中継装置の出力光の一部を分岐するパワースプリッタ 7 と、該分岐光のうちデータ光信号だけを通過させる光フィルタ 8 と、該光フィルタを通過したデータ光信号のパワー  $P_d$  (以下、データ光信号パワーと略記) を検出するパワーモニタ 9 と、該入力監視電気信号、該入力監視光信号パワー、及び、該データ光信号パワーを入力とするコントローラ 10 と、該コントローラから出力される出力監視電気信号を上記出力監視光信号に変換する監視用光送信器 11 とから構成されている。上記監視用光受信器 6 における入力監視光信号パワー  $P_w$  の検出は、例えば、該監視用光受信器に内蔵されるフォトダイオード (入力監視光信号を電気に変換する素子) に流れる直流電流を測定することによって実現できる。

【0015】データ光信号の波長  $\lambda_d$  として例えば 1.55  $\mu\text{m}$  帯の光を考え、添加物としてエルビウム等をドープした光ファイバをドープファイバとして用いると、波長 1.48  $\mu\text{m}$  付近 ( $=\lambda_p$ ) の励起光を用いることによりドープファイバに利得を持たせることができる。伝送路として用いる光ファイバは波長 1.48  $\mu\text{m}$  付近においても波長 1.55  $\mu\text{m}$  と同程度の伝送損失を有するため、データ光信号に合波して出力された波長略 1.48  $\mu\text{m}$  の出力監視光信号はデータ光信号と同様に次段の光中継装置 (あるいは光受信装置) に到達することができる。但し、 $\lambda_d$  および  $\lambda_p$  の波長は上記波長に限定する必要はない。

【0016】コントローラは入力監視光信号パワー及びデータ光信号パワーの観測値から光伝送路、光ファイバ増幅器、および、監視装置が正常か否かの判断を行い、その判断結果を入力監視電気信号に付加して出力監視電気信号として出力する。具体的には、コントローラにより  $P_w$  および  $P_d$  を観測し、 $P_d$  の値だけが正常値からずれた場合には光中継装置内の光ファイバ増幅器が異常であると判断し、 $P_w$  の値だけが正常値からずれた場合には監視用光受信器あるいは前段の光中継装置 (あるいは光送信装置) の監視用光送信器 (波長略  $\lambda_p$ ) が異常であると判断し、 $P_d$  と  $P_w$  の両方が正常値からずれた場合には伝送路が異常であると判断する。これは、データ光信号が伝送路および光中継装置内の光ファイバ増幅器の両方を通過しているのに対して、送られてきた入力監視光信号は伝送路のみを通過しているため、両方が正常値からずれた場合のみ伝送路に異常ありと判断でき、

どちらか一方が正常値からずれた場合には残りの部分に異常ありと判断できるためである。また、コントローラには、必要な情報 (光中継装置監視に必要な信号、光端局内の他の装置に関する情報、後段の各光中継装置を制御する制御信号、光受信装置を制御する制御信号、各光中継装置や光受信装置内蔵の光ファイバ増幅器を制御する制御信号など) を適宜入力でき、入力監視電気信号に付加して出力監視電気信号として出力する。さらに、コントローラからは受信した入力監視電気信号や本光中継装置にて得られた監視情報を読みだすこともできる。またコントローラは、受信した入力監視電気信号に付加されて転送されてきた制御情報に基づいて本光中継装置や内蔵する光ファイバ増幅器の動作を制御することもできる。なお、監視用光受信器における入力監視光信号パワー (あるいは該パワーに比例する電圧信号) の検出は、例えば受信された入力監視電気信号の一部を分岐して、そのパワーあるいはピーク値を測定することにより実現できる。また、監視用光受信器内蔵のフォトダイオードに流れる直流電流 (あるいは、直流電流に比例する電圧) を検出することによっても入力監視光信号パワーは検出できる。以上より、本実施例によれば、簡易な構成にて光伝送路、及び、光中継装置 (光ファイバ増幅器と監視装置) を監視し、且つ、前段の光中継装置 (及び光端局) からの監視情報に光中継装置の監視情報を付加して後段の光中継装置 (及び光端局) に転送できるという効果を得る。また、転送されてきた制御情報によりその動作も制御することができる。

【0017】本発明の上記効果は本実施例の構成に限定されない。例えば光合分波器はふたつの波長  $\lambda_d$  および  $\lambda_p$  を合波および分波できるものであれば内部の具体的な構成に関わらず上記効果を得ることができる。また、光アイソレータは配置される場所が異なっても、また、使用される個数が異なっても、また、用いられなくても上記効果を得る。また、ドープファイバの励起方法は図 1 と異なっても良い。即ち、データ光信号の進行方向に対して励起光の進行方向が順方向であっても、また、逆方向であっても、また、双方向であっても上記効果を得る。また、励起光源の数がさらに多くても上記効果を得る。また、ドープファイバの個数が図 1 の場合と異なっても上記効果を得る。また、上記パワースプリッタ 7、光フィルタ 8、および、パワーモニタ 9 がなくても光伝送路 (あるいは監視用光受信器、コントローラ、及び、前段の光中継装置の監視用光送信器) の監視、及び、監視情報の転送は可能であり、これら機能だけでも光ファイバ増幅器を用いた光ファイバ増幅器伝送システムには有用である。また、光フィルタ等の光部品が挿入されても上記効果を得る。また、入力監視電気信号をそのまま出力監視電気信号としても上記効果を得る。

【0018】図 5 には、光端局内の光送信装置において光ファイバ増幅器を光ブースタ増幅器として用いた場合

に、光ブースタ増幅器を監視し、且つ、得られた監視情報を後段の光中継装置に転送するための光送信装置の実施例を示す。光送信装置はデータを波長 $\lambda d$ のデータ光信号に変換するデータ用光送信器と、データ光信号を増幅する光ファイバ増幅器と、監視装置とから構成される。光ファイバ増幅器はドープファイバ1と、励起光源2-1および2-2と、励起光源2-1からの励起光とデータ光信号とを合波する光合波器3と、励起光源2-2からの励起光とデータ光信号とを逆方向に合波するとともに出力監視光信号を合波する光合分波器5と、光アイソレータ4-1、4-2とから構成される。従って、本構成によりデータ光信号に出力監視光信号が合波されて光送信装置から送出され、次段の光中継装置へと転送される。光合波器3は例えば図3(1)の構成を有し、また、光合分波器5は例えば図4(1)の構成を有する。監視装置は、光ブースタ増幅器の出力光の一部を分岐するパワースプリッタ7と、該分岐光のうちデータ光信号だけを通過させる光フィルタ8と、該光フィルタを通過したデータ光信号のデータ光信号パワーを検出するパワーモニタ9と、該データ光信号パワー、及び、その他必要な情報(パリティチェック用信号、その他光中継装置監視に必要な信号、各光中継装置を制御する制御信号、光受信装置を制御する制御信号、各光中継装置や光受信装置が内蔵する光ファイバ増幅器を制御する制御信号など)を入力とするコントローラ10と、該コントローラから出力される出力監視電気信号を上記出力監視光信号に変換する監視用光送信器11とから構成される。コントローラは上記データ光信号パワーが正常値であるか否かを監視することにより送信器あるいは光ファイバ増幅器が正常であるか否かの判断をする。監視用光送信器は得られた判断結果(監視情報)に上記必要情報を付加して出力監視光信号に変換する。

【0019】本実施例によれば光ブースタ増幅器として用いた光ファイバ増幅器の監視情報を後段の光中継装置に転送できるとともに、監視情報以外の他の情報をも転送することができるという効果を得る。例えば、上述したように各光中継装置内蔵の光ファイバ増幅器を制御する制御信号を転送すれば、上記光送信装置を内蔵する光端局から各光ファイバ増幅器の動作等を制御することができる。

【0020】本発明の上記効果は本実施例の構成に限定されない。例えば光合分波器はふたつの波長 $\lambda d$ および $\lambda p$ を合波および分波できるものであれば内部の具体的な構成に関わらず上記効果を得ることができる。また、光アイソレータは配置される場所が異なっても、また、使用される個数が異なっても、また、用いられなくても上記効果を得る。また、ドープファイバの励起方法は図5と異なっても良い。即ち、データ光信号の進行方向に対して励起光の進行方向が順方向であっても、また、逆方向であっても、また、双方向であっても上記効果を得

る。また、励起光源の数がさらに多くても上記効果を得る。また、ドープファイバの個数が図5の場合と異なっても上記効果を得る。また、上記パワースプリッタ7、光フィルタ8、および、パワーモニタ9がなくても良い。たとえ波長 $\lambda p$ の出力監視光信号が光ブースタ増幅器に関する監視情報を載せていなくても、次段の光中継装置が波長 $\lambda p$ の該監視光信号のパワーを監視していれば、次段の光中継装置は光伝送路の異常等について監視することができ有用である。また、光フィルタ等の光部品が挿入されても上記効果を得る。

【0021】図6には、光端局内の光受信装置において光ファイバ増幅器を光プリアンプ増幅器として用いた場合に、前段からの監視情報を受信するとともに、光伝送路、及び、光プリアンプ増幅器の監視を行うための光受信装置の実施例を示す。光受信装置は、データ光信号を増幅する光ファイバ増幅器と、監視装置と、増幅されたデータ光信号からデータを再生するとともにデータ光信号パワー $P_d$ を検出するデータ用光受信器とから少なくとも構成される。光ファイバ増幅器はドープファイバ1-1、1-2と、励起光源2と、入力監視光信号を分波するとともに励起光源2からの励起光とデータ光信号とを合波する光合波器5と、光アイソレータ4-1、4-2と、光雑音を除去する光フィルタ12とから構成される。光合分波器5は例えば図4(1)の構成を有する。監視装置は、分波された上記入力監視光信号を入力監視電気信号に変換するとともに入力監視光信号パワーを検出する監視用光受信器6と、該入力監視電気信号、該入力監視光信号パワー、及び、該データ光信号パワーを入力とし、本光伝送システム全体の監視情報を出力するコントローラ10とから構成されている。なお、光受信器におけるデータ光信号パワーの検出は例えば受信されたデータ信号の一部を分岐して、そのパワーあるいはピーク値を測定することにより実現できる。あるいは、該データ用光受信器に内蔵されるフォトダイオード(データ光信号を電気信号に変換する素子)に流れる直流電流を測定することによっても実現できる。

【0022】コントローラは入力監視光信号パワー及びデータ光信号パワーの観測値から光伝送路、光ファイバ増幅器、および、監視装置が正常か否かの判断を行い、その判断結果を入力監視電気信号に付加して出力する。具体的には、コントローラにより $P_w$ および $P_d$ を観測し、 $P_d$ の値だけが正常値からずれた場合には光受信装置内の光ファイバ増幅器が異常であると判断し、 $P_w$ の値だけが正常値からずれた場合には監視用光受信器あるいは前段の光中継装置の監視用光送信器(波長略 $\lambda p$ )が異常であると判断し、 $P_d$ と $P_w$ の両方が正常値からずれた場合には伝送路が異常であると判断する。このように判断できる理由は光中継装置の場合と同様である。また、コントローラは受信した入力監視電気信号に付加されている制御信号に基づいて内蔵する光ファイバ増幅

器等の動作を制御することもできる。

【0023】本実施例によれば本光伝送システム全体の監視情報を得られるという効果を得る。

【0024】本発明の上記効果は本実施例の構成に限定されない。例えば光合波器はふたつの波長 $\lambda_d$ および $\lambda_p$ を合波および分波できるものであれば内部の具体的な構成に関わらず上記効果を得ることができる。また、光アイソレータは配置される場所が異なっても、また、使用される個数が異なっても、また、用いられなくても上記効果を得る。また、ドープファイバの励起方法は図6と異なっても良い。即ち、データ光信号の進行方向に対して励起光の進行方向が順方向であっても、また、逆方向であっても、また、双方向であっても上記効果を得る。また、励起光源の数がさらに多くても上記効果を得る。また、ドープファイバの個数が図6の場合と異なっても上記効果を得る。また、光フィルタ等の光部品が挿入されても上記効果を得る。

【0025】図7には、本発明の監視方法および監視情報転送方法を適用した光伝送システムの実施例を示す。本システムは、データをデータ光信号に変換した後に増幅して出力する本発明の光送信装置と、データ光信号が伝搬する光伝送路（第1光伝送路～第 $N+1$ 光伝送路、但し、 $N$ は1以上の整数）と、減衰したデータ光信号を増幅する本発明の光中継装置（第1光中継装置～第 $N+1$ 光中継装置）と、データ光信号を増幅した後にデータを再生する本発明の光受信装置とから構成される。上記光送信装置にはデータの他に適宜必要な情報（パリティチェック用信号、その他光中継装置監視に必要な信号、光端局内の他の装置に関する情報、各光中継装置を制御する制御信号、光受信装置を制御する制御信号、各光中継装置や光受信装置が内蔵する光ファイバ増幅器を制御する制御信号、他の装置に関する制御情報など）を入力でき、データ光信号と第1監視光信号とが合波された光が出力となる。第1光中継装置では送られてきたデータ光信号を増幅するとともに、送られてきた第1監視光信号に新たな監視情報およびその他必要な情報を付加して第2監視光信号として、該増幅されたデータ光信号に合波して出力する。以下、第2～第 $N$ 光中継装置も第1光中継装置と同様の動作を行う。上記光受信装置では、送られてきたデータ光信号を増幅後に受信してデータを再生するとともに、第 $N+1$ 光監視光信号信号に本光受信装置内の光ファイバ増幅器に関する監視情報を付加して出力する。

【0026】本実施例によれば、簡易な構成にて、光伝送システム全体の監視情報を得られるという効果を得る。同時に、監視信号に付加された制御信号に基づいて各装置の動作を制御することもできる。なお本光伝送システムの構成は上記実施例に限定されない。例えば、光送信装置が光ファイバ増幅器を内蔵していなくても、監視用光送信器と監視光信号とデータ光信号とを合波する

光合波器を設けておけば監視に関する上記効果を得る。また、光受信装置に関しても同様であり、光ファイバ増幅器を内蔵していなくてもデータ光信号から第 $N+1$ 監視光信号を分波する光合波器を設けておけば監視に関する上記効果を得る。

【0027】図8には、図6に示した光受信装置において、データ用光受信器に入力するデータ光信号パワーが略一定となるように励起光源2の駆動電流を調整して光ファイバ増幅器の利得を制御する自動利得制御回路を設けた場合の実施例を示す。同図において、データ用光受信器はフォトダイオードと、該フォトダイオードに直列に接続された抵抗と、受信したデータを増幅する増幅回路と、該増幅回路出力信号からタイミング抽出する回路と、識別再生回路と、上記抵抗に発生する直流電圧を検出する直流電圧検出器とから構成されている。上記識別再生回路の出力は再生されたデータであり、上記直流電圧検出器の出力はデータ光信号パワーに比例する電圧信号である。従って、該データ光信号パワーに比例する電圧信号が一定値となるように制御すれば、上記フォトダイオードに入力するデータ光信号のパワーも一定となる。このような制御を行うために自動利得制御回路は、上記データ光信号パワーに比例する信号と基準信号との差分を検出して制御信号を出力する制御回路と、該制御信号により励起光源に流す電流を制御する駆動回路とで構成している。該制御信号の値は該差分が零となるように設定される。該差分が零となれば、上記データ光信号パワーに比例する信号は常に一定となり（基準信号に等しくなり）、結果的に上記フォトダイオードに入力するデータ光信号のパワーも一定となる。本光受信装置に付加すると、本光受信装置に入力するデータ光信号のパワー変動に関わらずデータ用光受信器への入力データ光信号パワーを最適に設定できるという効果も得ることができる。図8の光受信装置を図7の光伝送システムに適用すれば、該光伝送システムの性能をさらに向上させることができる。

【0028】図9には本発明の光中継装置の第2実施例を示す。本実施例は、図1に示す第1実施例の入力側の光合波器5-1を光合波器3-2と3-1に置き換え（構成は図2の光合波器3-1及び3-2に等しい）、光合波器3-2により光信号（データ光信号と入力監視光信号から成る）から入力監視光信号を分波し（光合波器3-2を光分波器として用いている）、また、光合波器3-1によりデータ光信号と励起光（励起光源2-1から出力）をしている。他の構成は図1に等しい。本実施例では、励起光源2-1から出力される励起光の波長 $\lambda_{p'}$ は、必ずしも $\lambda_p$ に等しくなくてもよい。例えば $\lambda_p$ を略1.48 $\mu\text{m}$ として、 $\lambda_{p'}$ を略0.98 $\mu\text{m}$ としてもよい。励起光の波長が略0.98 $\mu\text{m}$ の場合、光ファイバ増幅器の雑音指数は励起光の波長が略1.48 $\mu\text{m}$ の場合よりも低くできることが知られてい

る。従って、本実施例によれば、光中継装置の第1実施例と同様の効果を得ると同時に、光中継装置の雑音指数を低くできるという効果も得られる。同様の効果は、図6に示す光受信装置の光合波器5に対して同様の置き換え（光合波器3-2と3-1への）を行っても得られる。即ち、光ファイバ増幅器の雑音指数を低くできるので、光受信装置の受信感度を向上できる。ここで述べた光中継装置や光受信装置を図7の光伝送システムに適用すれば、光中継装置間隔および光中継装置と光受信装置の間隔を長くすることができる。

【0029】図10には本発明の光中継装置の第3実施例を示す。本実施例は、図9に示す第2実施例の出力側の光合波器5-2を光合波器3-2'と3-1'に置き換え（構成は図9の光合波器3-1及び3-2に等しい）、光合波器3-2'によりデータ光信号とは逆方向に励起光源2-2を合波し、光合波器3-1'によりデータ光信号と出力監視光信号を合波するものである。他の構成は図9に等しい。本実施例では、励起光源2-1（波長 $\lambda p'$ ）および励起光源2-2（波長 $\lambda p''$ ）から出力される励起光のは、必ずしも監視光信号の波長 $\lambda w$ に等しくしなくてもよい。例えば $\lambda p'$ および $\lambda p''$ を略0.98 $\mu m$ として、 $\lambda w$ を略1.48 $\mu m$ や略1.60 $\mu m$ としてもよい。もちろん、 $\lambda w$ を $\lambda p'$ および $\lambda p''$ と等しくしてもよいし（例えば略1.48 $\mu m$ ）、 $\lambda w$ と $\lambda p''$ とを等しくして（例えば略1.48 $\mu m$ ）、 $\lambda p'$ を略0.98 $\mu m$ としてもよい。前述したように、励起光の波長が略0.98 $\mu m$ の場合、光ファイバ増幅器の雑音指数は励起光の波長が略1.48 $\mu m$ の場合よりも小さくできることが知られている。また、波長 $\lambda w$ は他の値であってもよい。例えば、光ファイバ増幅器の帯域外（利得を持たない、あるいは、利得が低い波長帯）で、しかも、伝送路光ファイバの伝送損失が十分に低い他の波長を選んでよい。従って、本実施例によれば、光中継装置の第2実施例よりもさらに雑音指数が小さい光中継装置を実現できるという効果も得られる。本実施例の光中継装置を図7の光伝送システムに適用すれば、光中継装置間隔をさらに長くすることができる。この場合、監視光信号の波長 $\lambda w$ を光伝送システム内にて統一するために、図5に示す光送信装置の光合波器5に対しては光合波器3-2'と3-1'への置き換えを、また、図6に示す光送信装置の光合波器5に対しては光合波器3-2と3-1への置き換えを、それぞれ行なう必要がある。ここで述べた光送信装置、光中継装置、および、光受信装置を図7の光伝送システムに適用すれば、中継間隔および全伝送距離（光送信装置から光受信装置までの総伝送距離）を長くすることができる。図11には本発明の光中継装置の第4実施例を示す。本実施例は、第1実施例の光中継装置の出力パワーを高めるために、出力側のドープファイバ1-2に供給する励起光のパワーを双方向励起により高

めたものである。励起光のパワーを高めるために励起光源の数を4個としている。4個のうち2個（励起光源2-2-1と2-2-2）は、ドープファイバ1-2を順方向に励起するための光源であり、それぞれの出力光は偏光プリズムにより偏波合成（直交する偏波状態での合成）され、光合波器3-1を経てドープファイバ1-2に入力する。一方、励起光源2-2-3と2-2-4は、ドープファイバ1-2を逆方向に励起するための光源であり、それぞれの出力光は偏光プリズムにより偏波合成され、光合波器5-2を経てドープファイバ1-2に入力する。従って、本実施例によれば、光中継装置の第1実施例と同様の効果を得ると同時に、光中継装置の出力パワーを高くできるという効果も得られる。同様の効果は、図5に示す光送信装置のドープファイバ1に対して同様の双方向励起を行っても得られる。即ち、光ファイバ増幅器の出力パワーを高くできる。ここで述べた光送信装置や光中継装置を図7の光伝送システムに適用すれば、光中継装置間隔および光送信装置と光中継装置の間隔を長くすることができる。但し、励起光源の数は4個未満であっても、2個以上であれば、出力パワーを高くでき、従って中継間隔を長くすることができる。また、励起光源2-2-1、2、3、4の波長は略0.98 $\mu m$ であっても、略1.48 $\mu m$ であっても、両者が組合わさっていても良い。

【0030】図12には本発明の光中継装置の第5実施例を示す。光中継装置の第1実施例と本実施例との違いは、（1）励起光源2-1の波長を $\lambda p'$ （ $\neq \lambda p$ ）とし、（2）データ光信号（波長 $\lambda d$ ）に合波されて送られてきた入力監視光信号（波長 $\lambda p$ ）の分波と上記2-1から出力される励起光の合波を光合波器13にて行うという2点である。波長 $\lambda d$ 、 $\lambda p$ 、および、 $\lambda p'$ としては例えば略1.55 $\mu m$ 、略1.48 $\mu m$ 、および、略0.98 $\mu m$ が適当な波長設定である。但し、 $\lambda p$ は他の波長でもよい。例えば、光ファイバ増幅器の帯域外の他の波長としてもよい。図13には一例として、誘電体多層膜フィルタを用いた光合波器13の構成と光の入出力関係を示す。第1ポートから入力したデータ光信号と入力監視光信号は誘電体多層膜フィルタにて前者は透過して後者は反射される。反射された入力監視光信号は第4ポートから出力して監視用光受信器に入力する。一方、第2ポートからは励起光が入力し、誘電体多層膜フィルタにて反射して、透過した上記データ光信号に合波されて第3ポートから出力する。即ち、誘電体多層膜フィルタは波長 $\lambda d$ を透過して波長 $\lambda p$ および $\lambda p'$ を反射している。このような入出力関係は、誘電体多層膜フィルタに例えば図14（a）に示すような反射率および透過率の波長依存性をもたせることにより実現できる。即ち、略1.5 $\mu m$ 以下の波長に対しては反射（反射率が略1で、透過率が略0）特性を有し、略1.5 $\mu m$ 以上の波長に対しては透過（透過率が略1で、反

射率が略0)特性を有するようにすればよい。但し、波長 $\lambda d$ を透過して波長 $\lambda p$ および $\lambda p'$ を反射するのであれば、図14(a)以外の反射率および透過率の特性でもよい。また、誘電体多層膜フィルタ以外を用いてもよい。また、波長 $\lambda d$ と波長 $\lambda p$ 及び $\lambda p'$ に関して上記の光合波及び光分波が実現されるならば、反射と透過の関係を逆にしてもよい。図14(b)及び(c)は、図12における光フィルタ14の透過率特性を示している。光フィルタ14は、上記光合分波器13の反射率および透過率の特性が不完全である場合に、波長 $\lambda p'$ の励起光の一部が誘電体多層膜フィルタを透過して図13の第4ポートから出力して監視用光受信器に入力することを防止するために設けたものである。例として図14(b)あるいは(c)に示すような透過率特性を光フィルタ14に持たせれば波長 $\lambda p'$ は除去できる。もちろん、波長 $\lambda p$ 近傍で透過率が高ければ他の透過率特性でもよい。また、光合分波器13の上記不完全性が取り除かれて図13(a)に示すような入出力関係がほぼ実現されれば光フィルタ14は用いる必要はない。また、監視用光受信器が波長 $\lambda p'$ に対して応答しない場合(受光感度がほぼ零)にも光フィルタ14は用いる必要はない。本実施例によると、光中継装置の第1実施例と同様の効果を得ると同時に、略0.98 $\mu m$ の励起光波長を用いることができるので光中継装置の雑音指数を低くできるという効果を得る。さらに、入力監視光信号の分波と略0.98 $\mu m$ の励起光の合波とを一台の光合分波器にて行えるので、光中継装置の第2実施例(図9)よりも光部品点数を減らせると同時にデータ光信号が被る減衰を小さくできるという効果も得る。図12の光中継装置を図7の光伝送システムに適用すれば、光中継装置の雑音指数が低くなるので、光中継装置間隔を長くでき、該光伝送システムの性能をさらに向上させることができるという効果も得る。なお、本実施例の光中継装置内の光ファイバ増幅器は双方向励起されてもよい。その場合には、雑音指数をさらに低減でき、利得をさらに向上できるという効果も得ることができる。

【0031】図15には本発明の光中継装置の第6実施例を示す。光中継装置の第5実施例と本実施例との違いは、(1)励起光源2-2の波長も $\lambda p'$ ( $\neq \lambda p$ )とし、(2)データ光信号(波長 $\lambda d$ )への出力監視光信号(波長 $\lambda p$ )および上記2-2から出力される励起光の合波を光合分波器13-2にて行うという2点である。図中の光合分波器13-1は図12の13と同じである。また、光合分波器13-2の実現方法及び構成は第5実施例の場合と同様であるが、光の入出力関係は図16のようになる。即ち、データ光信号は第1ポートから入力して誘電体多層膜フィルタを透過して第3ポートへと出力する。励起光は第4ポートから入力して誘電体多層膜フィルタにて反射されて第1ポートへと出力する。また、出力監視光信号は第2ポートから入力して誘

電体多層膜フィルタにて反射されて第3ポートへと出力する。また、光フィルタ14-1は第5実施例にて述べた理由で使用されており、場合によっては用いなくてもよい。同様に、光フィルタ14-2は、波長 $\lambda p'$ の励起光の一部が誘電体多層膜フィルタを透過して監視用光送信器に入力することを防止するために設けたものであり、必要でなければ用いなくてもよい。本実施例によると、光中継装置の第5実施例と同様の効果を得ると同時に、出力側の励起光波長としても略0.98 $\mu m$ を用いているので光中継装置の雑音指数をさらに低くできるという効果を得る。さらに、データ光信号への出力監視光信号および励起光の合波を一台の光合分波器にて行えるので、光中継装置の第3実施例(図10)よりも光部品点数を減らせると同時にデータ光信号が被る減衰を小さくできるという効果も得る。図15の光中継装置を図7の光伝送システムに適用すれば、光中継装置の雑音指数がさらに低くなるので、光中継装置間隔をさらに長くでき、該光伝送システムの性能をさらに向上させることができるという効果も得る。なお、本実施例の光中継装置内の光ファイバ増幅器は双方向励起されてもよい。その場合には、雑音指数を低減でき、利得を向上できるという効果も得ることができる。

【0032】図17には、光受信装置の他の実施例を示す。図6に示した光受信装置の実施例と本実施例との違いは、(1)励起光源2の波長を $\lambda p'$ ( $\neq \lambda p$ )とし、(2)データ光信号(波長 $\lambda d$ )に合波されて送られてきた入力監視光信号(波長 $\lambda p$ )の分波と上記2から出力される励起光の合波を光合分波器13-1にて行うという2点である。波長 $\lambda d$ 、 $\lambda p$ 、および、 $\lambda p'$ の設定に関しては光中継装置の第5実施例の場合と同様であり、また、光合分波器13-1の実現方法に関しても同様である。また、図12の場合と同様の光フィルタ14を同様の理由にて用いている。本実施例によれば図6に示した光受信装置の実施例と同様の効果、即ち、光伝送システム全体の監視情報を得られるという効果を得ると同時に、励起光波長として略0.98 $\mu m$ を用いることができるので光受信装置内の光ファイバ増幅器の雑音指数を低くできるという効果を得る。図17の光受信装置を図7の光伝送システムに適用すれば、光受信装置の雑音指数が低くなるので、光中継装置と光受信装置の間隔を長くでき、該光伝送システムの性能を向上させることができるという効果も得る。なお、本実施例の光受信装置内の光ファイバ増幅器は双方向励起されてもよい。その場合には、雑音指数をさらに低減でき、利得をさらに向上できるという効果も得ることができる。

【0033】図18には、光送信装置の他の実施例を示す。図5に示した光送信装置の実施例と本実施例との違いは、(1)励起光源2-2の波長を $\lambda p'$ ( $\neq \lambda p$ )とし、(2)データ光信号(波長 $\lambda d$ )への出力監視光信号(波長 $\lambda p$ )および上記2-2から出力される励起



光の合波を光合分波器13-2にて行うという2点である。波長 $\lambda_d$ 、 $\lambda_p$ 、および、 $\lambda_{p'}$ の設定に関しては光中継装置の第5実施例の場合と同様である。また、光合分波器13-2の実現方法に関しては光中継装置の第6実施例の場合と同様である。本実施例によれば図5に示した光送信装置の実施例と同様の効果を得ると同時に、励起光波長として略0.98 $\mu\text{m}$ を用いることができるので光受信装置内の光ファイバ増幅器の雑音指数を低くできるという効果を得る。なお、励起光源2-1の波長は $\lambda_{p'}$ および $\lambda_p$ のいずれでもよいが、 $\lambda_{p'}$ の場合の方が光ファイバ増幅器の雑音指数はより低くできる。図18の光受信装置を図7の光伝送システムに適用すれば、光送信装置の雑音指数が低くなるので、光送信装置と光中継装置の間隔を長くでき、該光伝送システムの性能を向上させることができるという効果も得る。なお、本実施例の光送信装置内の光ファイバ増幅器は双方向励起されてもよい。その場合には、雑音指数を低減でき、利得および出力パワーを向上できるという効果も得ることができる。

【0034】本発明の構成は上記実施例に限定されない。また、光伝送路は分岐されて、データ光信号（監視光信号と合波されている）が複数の光受信装置に分配されても上記効果を得る。また、監視光信号の進行方向が、データ光信号の進行方向と逆方向でも上記効果を得る。この場合には、各光中継装置内の監視用光送信器と監視用光受信器とを入替え、光送信装置の監視用光送信器を監視用光受信器に置換し、光受信装置の監視用光受信器を監視用光送信器に置換する必要がある。また、光送信装置、各光中継装置、および、光受信装置のコントローラにおいて行われている異常の判断を光受信装置において纏めて行っても上記効果を得る。この場合、光送信装置、および、各光中継装置は観測したパワー値のみを監視情報として付加して送出すればよい。データ光信号、励起光、監視用光信号の波長の組合せは上記実施例の波長を適宜組み合わせ用いてもよい。また、監視用光信号の波長は光ファイバ伝送システムの中で複数用いても本発明の効果は得られる。また、励起光の波長は光中継装置毎に異なってもよい。また、データ光信号の波長は略1.3 $\mu\text{m}$ でもよい。この場合には、 $\lambda_p$ を例えば1 $\mu\text{m}$ 近傍の値とし、ドープファイバへの添加物としてネオジウム等を用いることにより、ドープファイバに利得を持たせることが出来る。さらに、図8、17の光受信装置や図9、10、11、12、15の光中継装置も監視情報に付加されて送られてきた制御信号によりその動作が制御されることができる。また、上記実施例の光送信装置、光中継装置、光受信装置を適宜組み合わせで光伝送システムを構成してもよい。また、各実施例にて用いている光合波器、光分波器、光合分波器が内蔵する光学的フィルタは、光合波、光分波、および、光合分波といった機能を果たせば実施例にて説明した原理とは

別の原理に従って動作していても同様の効果を得られる。例えば、光学的フィルタが誘電体多層膜フィルタである場合には、各波長に対する透過と反射の関係は逆でもよい。また、光学的フィルタが方向性結合器型である場合には、結合と非結合の波長関係が逆でもよい。また、監視光信号の波長は略1.3 $\mu\text{m}$ でも同様の効果を得ることができる。また、監視光信号の波長は光伝送システム内で複数混在しても差し支えない。

【0035】また、上記のような光ファイバ増幅器を用いた光ファイバ伝送システムでは、伝送路光ファイバに入力するデータ光信号のパワーが高い（数ミリワット以上）ために光ファイバ中にて誘導ブリリュアン散乱（SBS）現象が発生し、データ光信号が反射されて入力端に戻ってしまうという問題が発生する場合がある。SBSは、一つの光周波数が有するパワーが光ファイバ固有のSBS閾値を超えると現れる現象であり、例えば、上記パワーを複数の光周波数に分散していずれの光周波数においてもパワーが上記SBS閾値を超えないようにすればSBSは発生しないということが知られている。従って、上記問題に対しては、例えば、図19に示すような構成のSBS抑圧装置を光送信装置あるいは光中継装置の出力端に接続して、その出力光を伝送路光ファイバに入力することにより解決できる。図19のSBS抑圧装置は少なくとも光ファイバ内位相変調光源、該光源を光強度変調する変調用信号源、及び、強度変調された励起光をデータ光信号に合波する光合波器とから構成される。本構成では光ファイバ内位相変調光源からの出力光強度を変化させることにより、光ファイバ内に非線形光学現象を利用した屈折率変化を発生させている。屈折率変化があるとデータ光信号は光位相変調を受けて信号スペクトルが広がる。スペクトルが広がると複数の光周波数にパワーを分散できる。従って、データ光信号中のある光周波数においてパワーがSBS閾値を超えている場合であっても、本装置を用いることにより、該光周波数のパワーを複数周波数に分散して各パワーをSBS閾値よりも低くすることができるため、SBSの発生を避けることができる。図20には、各部の信号の波形例を示す。同図（a）は変調用信号源から出力する光ファイバ内位相変調光源の変調電流であり、電流値が周期的に上下変動している。最適な周期は、データ光信号のスペクトルや強度、及び、光ファイバの特性等によって決まる。このとき、低い方の電流値は零でもよい。同図（b）は強度変調光であり、（a）の信号に対応して強度が変化している。このとき、低い方の光強度は零でもよい。光ファイバ内での非線形光学現象によって生じる屈折率の変化量は光強度の変化量に依存することが知られている。従って、光強度の最大値と最小値との差を大きくすることにより光強度の変化量を大きくすることができる。図20（c）は、伝送路光ファイバに入力するデータ光信号を電界振幅で表わした図であり、データが



‘0’の場合には振幅が略零となっており、データが‘1’の場合には位相に急激な変化はない。一方、同図(d)は、光ファイバから出力したデータ光信号の電界振幅を示している。同図(b)の強度変化に対応して光ファイバ中にて位相変調を受けている。図中のデータ‘1’のうちアンダーラインを施した‘1’が位相変調を受けており、同図の場合、約180度の位相変化を受けている。この結果、データ光信号の信号スペクトルは広げられており、従って、SBSの発生は抑圧される。即ち、本構成の装置を用いることにより伝送路光ファイバに入力できるデータ光信号のパワーを増加させることができるという効果を得る。なお上述したように、図20(b)における光強度の変化量は大きいほどデータ光信号に大きな位相変調を施すことができる。必要とされる変化量はデータ光信号のスペクトルや強度、及び、光ファイバの特性等に依存するが、目安として略10ミリワット以上の変動量が必要である。また、励起光の波長としては、例えば、略1.48 $\mu\text{m}$ を用いることができる。

【0036】図21には、上記SBS抑圧の機能を図5の光送信装置に付加した場合の実施例を示す。本実施例では、図5の監視用光送信器をSBS抑圧用の光ファイバ内位相変調光源としても用いており、簡略な構成にて図5の監視に関する効果と図19のSBS抑圧に関する効果を併せ持つ光送信装置を実現している。図5の送信装置との構成上の違いは、変調用信号源と該信号源からの変調信号を監視電気信号に重畳する回路とが付加した点である。さらに、監視用光送信器は光ファイバ内位相変調光源も兼ねており、本実施例では15にて示す。図22には、各部の信号波形例を示す。同図(a)はコントローラから出力される監視電気信号であり、低速のデジタル信号である(アナログ信号でもよい)。同図(b)は、変調用信号源からの変調信号を重畳した監視電気信号である。重畳される変調信号の周波数は、監視電気信号の伝送速度及び監視用光受信器の帯域に比較して十分に高く設定する必要がある。同図(c)は、15から出力する監視光信号であり、変調信号が重畳されている。重畳された変調信号により、光強度が変化するためにデータ光信号に位相変調を施すことができ、SBSを抑圧することができる。さらに、後段の光中継装置(あるいは光受信装置)の監視用光受信器の帯域は変調信号の周波数には追従しないので、監視光信号から低速の監視情報だけを抽出して受信することができる。従って本実施例により、簡略な構成にて図5の監視に関する効果と図19のSBS抑圧に関する効果を併せ持つ光送信装置を実現できるという効果を得る。

【0037】図23には、上記SBS抑圧の機能を図1の光中継装置に付加した場合の実施例を示す。本実施例では、図1の監視用光送信器をSBS抑圧用の光ファイバ内位相変調光源としても用いており、簡略な構成に

て図1の監視に関する効果と図19のSBS抑圧に関する効果を併せ持つ光送信装置を実現している。図1の送信装置との構成上の違いは、変調用信号源と該信号源からの変調信号を監視電気信号に重畳する回路とが付加した点である。さらに、監視用光送信器は光ファイバ内位相変調光源も兼ねており、本実施例でも15にて示す。図21の場合と同様に、監視電気信号には、変調用信号源からの変調信号が重畳され、その結果、15からの出力監視光信号にも変調信号が重畳されている。図21の場合と同様の原理でSBSを抑圧することができる。さらに、後段の光中継装置(あるいは光受信装置)の監視用光受信器の帯域は変調信号の周波数には追従しないので、監視光信号から低速の監視情報だけを抽出して受信することができる。従って本実施例により、簡略な構成にて図1の監視に関する効果と図19のSBS抑圧に関する効果を併せ持つ光中継装置を実現できるという効果を得る。

【0038】図21あるいは図23の装置のを図7のシステムに適用すれば、SBS発生を抑圧できるので、データ光信号の光ファイバへの入力パワーを増加でき、その結果、伝送距離を長くできるという効果も得られる。

【0039】

【発明の効果】以上、本発明によれば、光送信装置、光中継装置、光受信装置、および、それらを接続する光伝送路の監視および監視情報転送を、各光ファイバ増幅器に出力パワー低下を生じさせることなく実現できるという効果を得る。

【図面の簡単な説明】

【図1】光中継装置の第1実施例を表わす図

【図2】光ファイバ増幅器を用いた光ファイバ増幅器中継装置の基本構成図

【図3】光合波器の動作を表わす図

【図4】光合分波器の動作を表わす図

【図5】光送信装置の実施例を表わす図

【図6】光受信装置の実施例を表わす図

【図7】光伝送システムの実施例を表わす図

【図8】自動利得制御回路を有する光受信装置の実施例を表わす図

【図9】光中継装置の第2実施例を表わす図

【図10】光中継装置の第3実施例を表わす図

【図11】光中継装置の第4実施例を表わす図

【図12】光中継装置の第5実施例を表わす図

【図13】光合分波器の構成および光の入出力関係を表わす図

【図14】各フィルタの反射率および透過率の波長依存性を表わす図

【図15】光中継装置の第6実施例を表わす図

【図16】光合分波器の構成および光の入出力関係を表わす図

【図17】光受信装置の他の実施例を表わす図

【図 18】光送信装置の他の実施例を表わす図

【図 19】誘導ブリリユアン散乱 (SBS) 抑圧装置の実施例を表わす図

【図 20】図 19 の各部における信号波形を表わす図

【図 21】SBS 抑圧機能を有する光送信装置の実施例を表わす図

【図 22】図 21 の各部における信号波形を表わす図

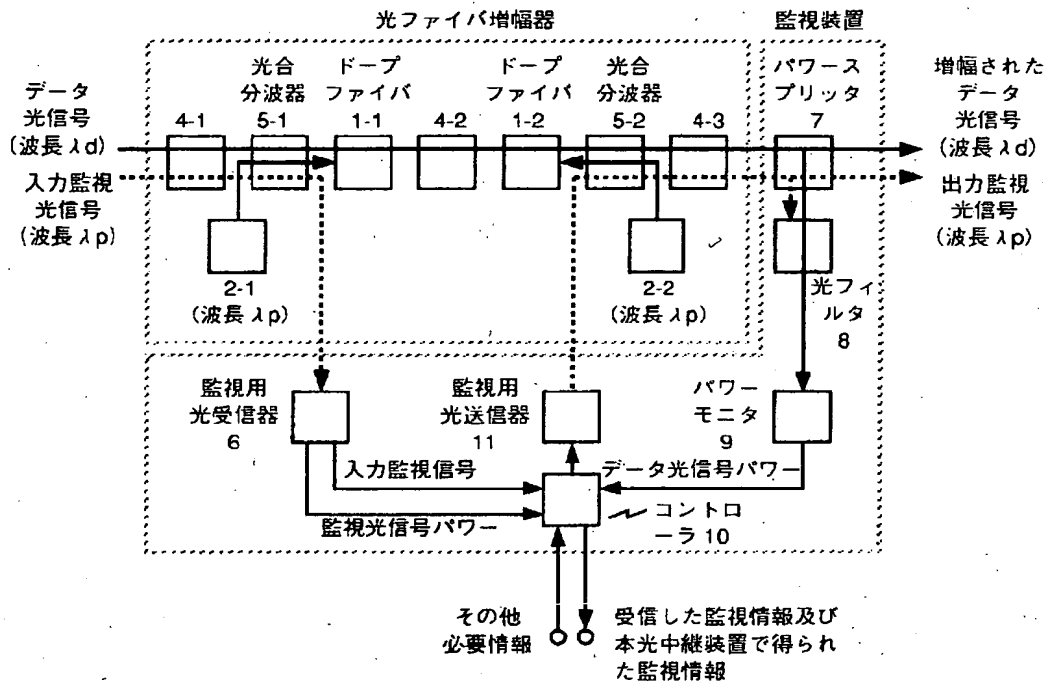
【図 23】SBS 抑圧機能を有する光中継装置の実施例を表わす図

【符号の説明】

1…ドープファイバ、2…励起光源、3…光合波器、4…光アイソレータ、5…光合分波器、6…監視用光受信器、7…パワースプリッタ、8…光フィルタ、9…パワーモニタ、10…コントローラ、11…監視用光送信器、12…光フィルタ、13…光合分波器、14…光フィルタ、15…監視用光送信器兼光ファイバ内位相変調用光源。

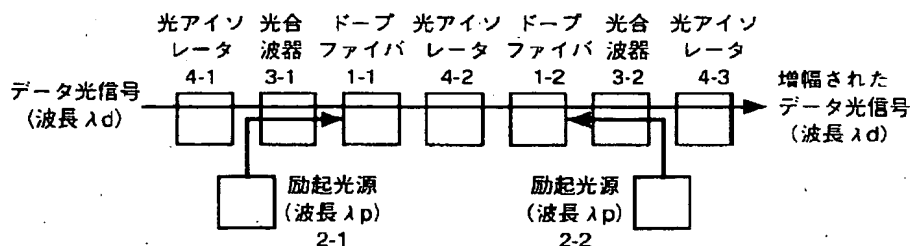
【図 1】

図 1



【図 2】

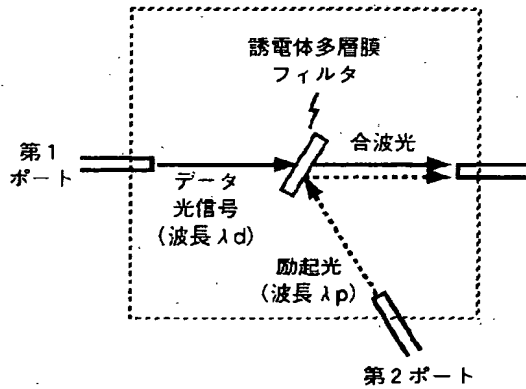
図 2



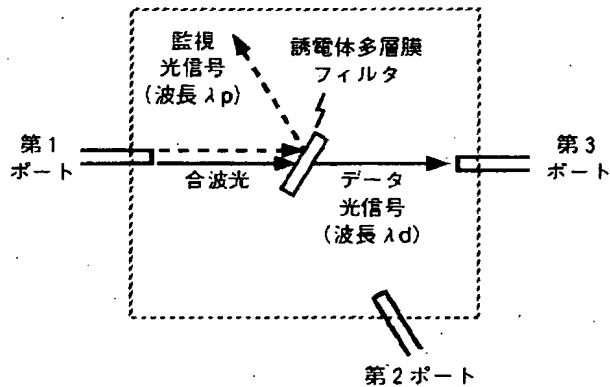
【図3】

図 3

(1) 光合波器を用いた光合波

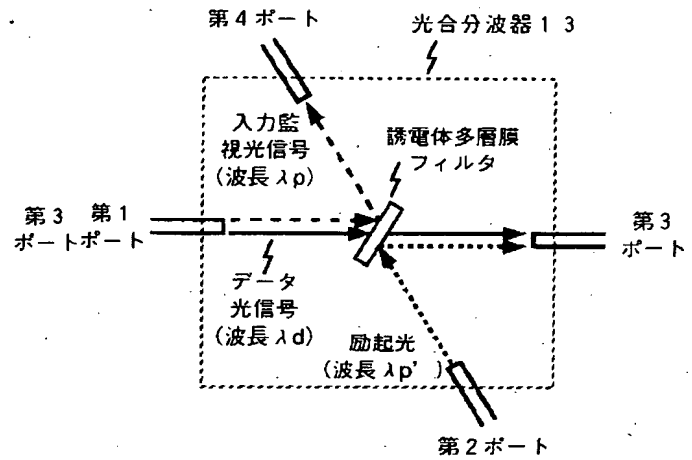


(2) 光合波器を用いた光分波



【図13】

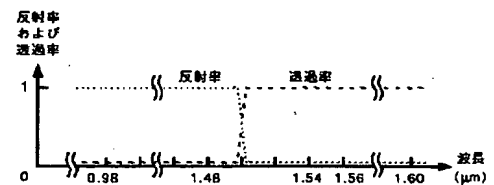
図 13



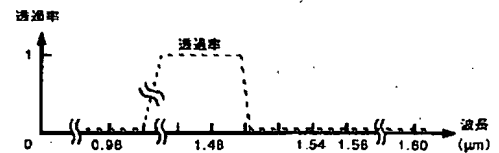
【図14】

図 14

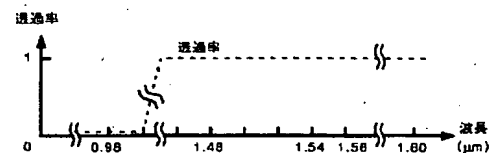
(a) 光合分波器13に用いる誘電体多層膜フィルタの反射率および透過率の波長依存性



(b) 光フィルタ14の透過率の波長依存性 (その1)



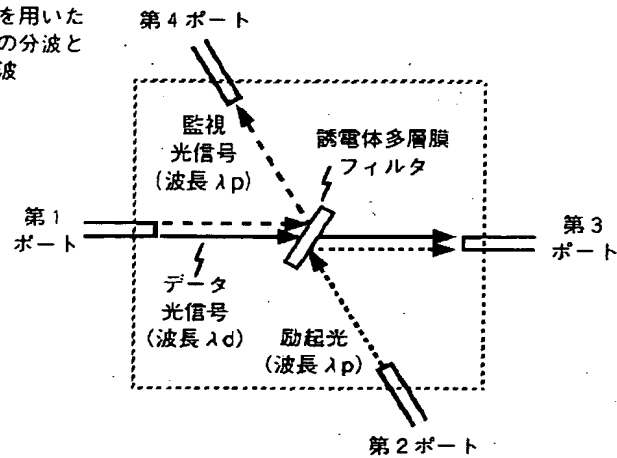
(c) 光フィルタ14の透過率の波長依存性 (その2)



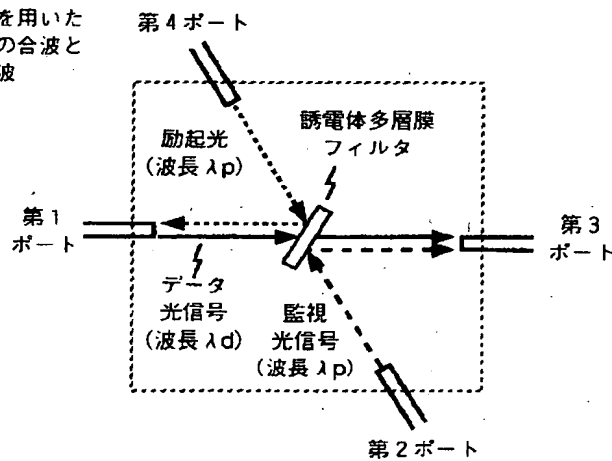
【図4】

図 4

- (1) 光合分波器を用いた  
監視光信号の分波と  
励起光の合波

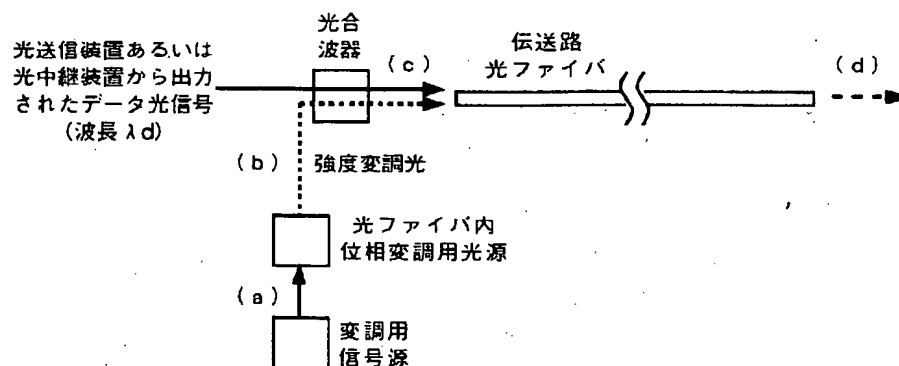


- (2) 光合分波器を用いた  
監視光信号の合波と  
励起光の合波



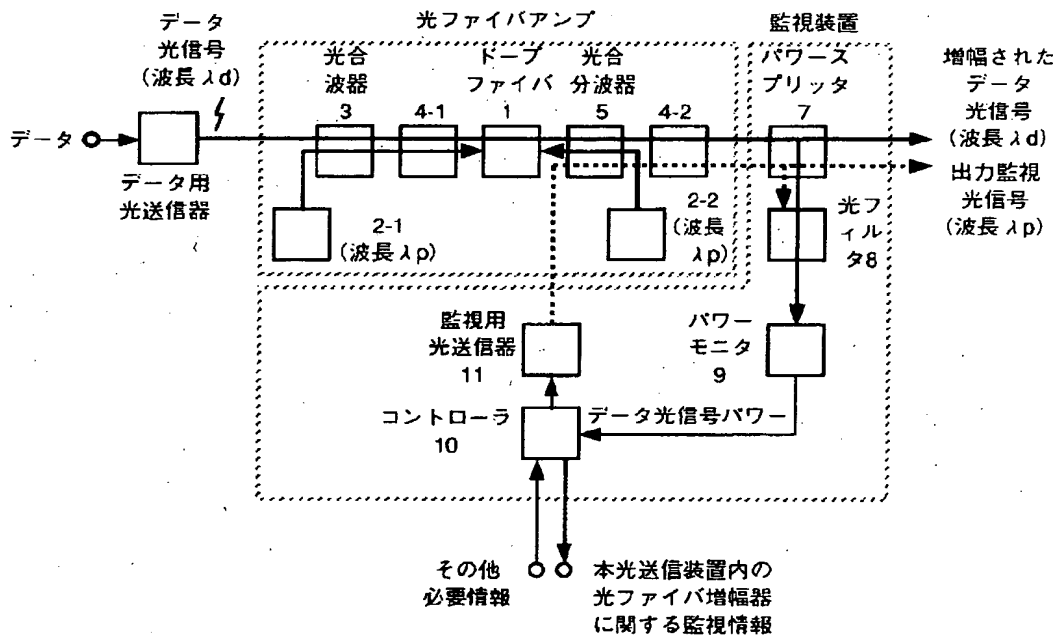
【図19】

図 19



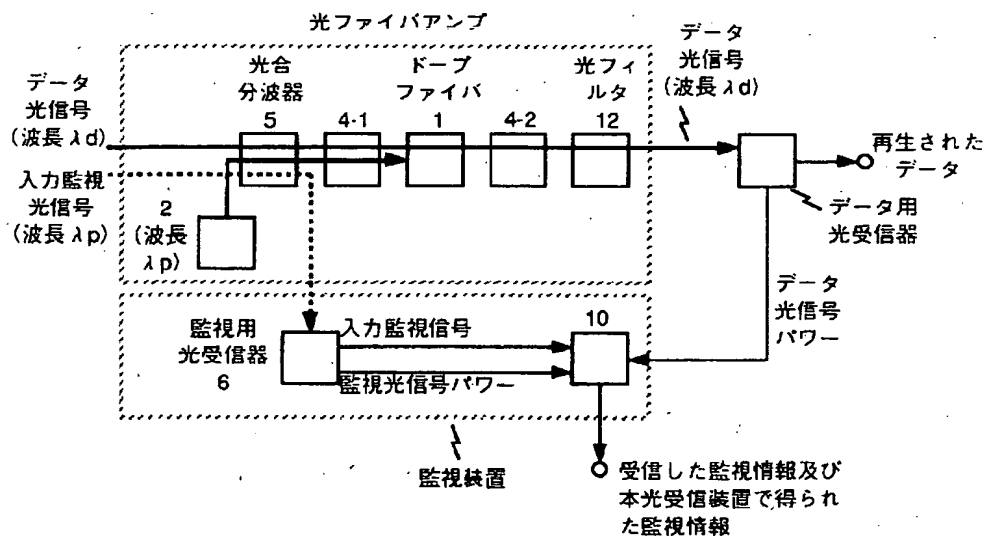
【図5】

図 5



【図6】

図 6



【図7】

図 7

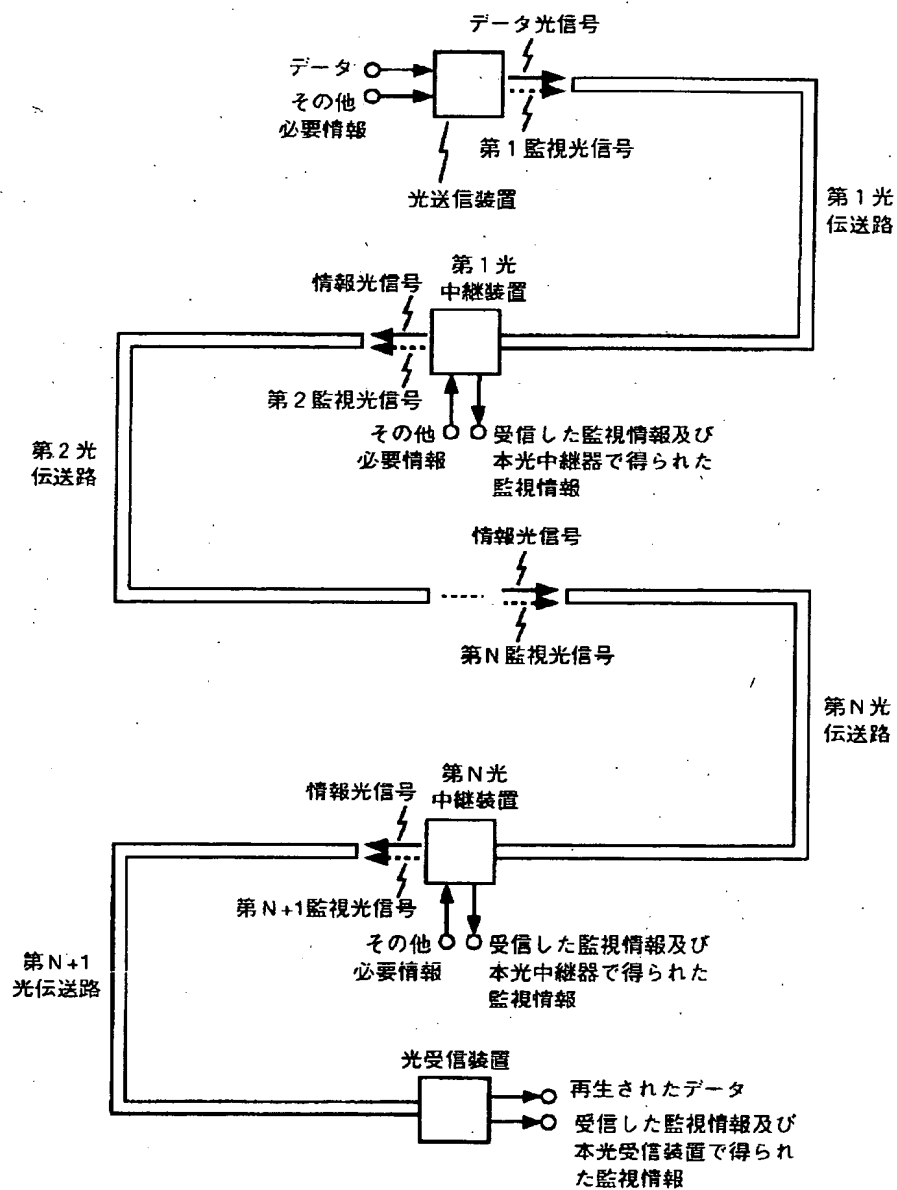
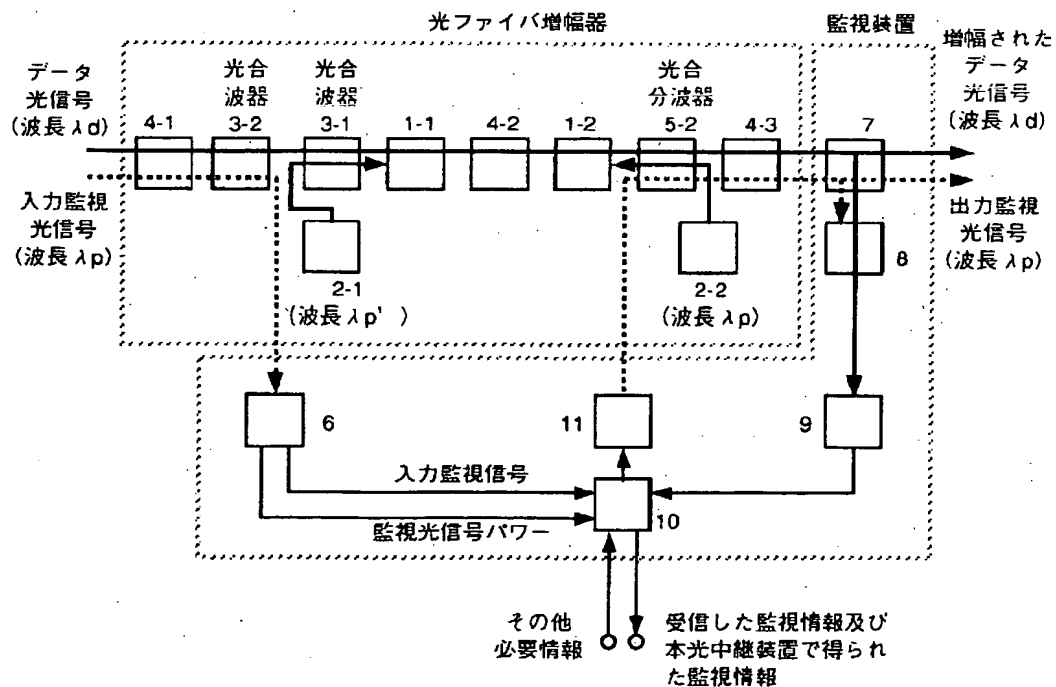


図 8

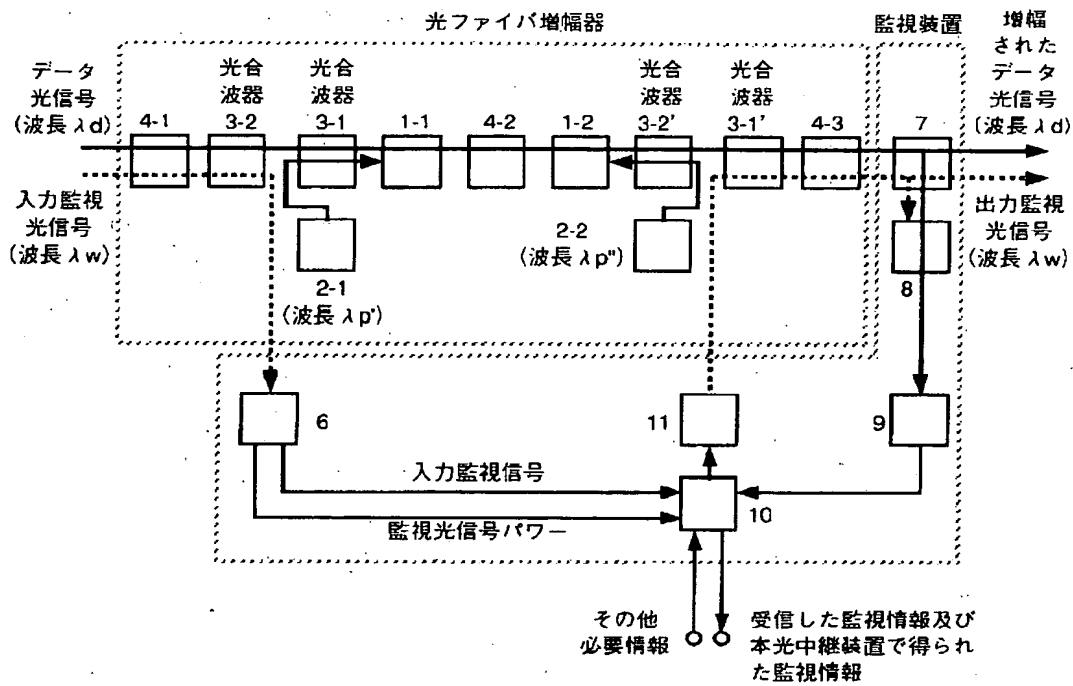


图 9



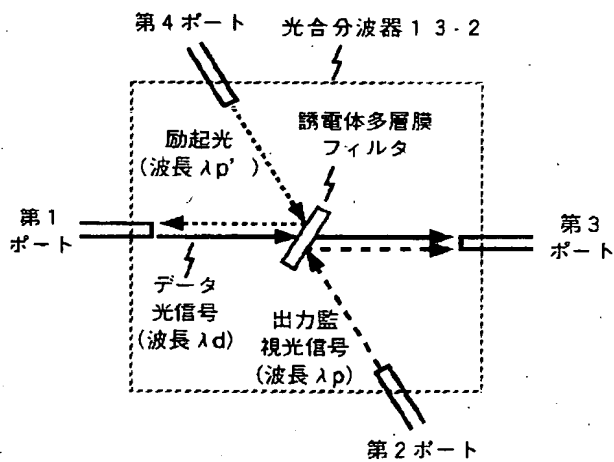
【図10】

図 10



【図16】

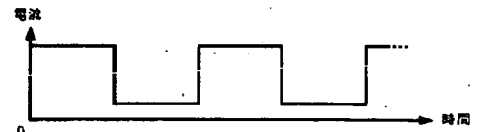
図 16



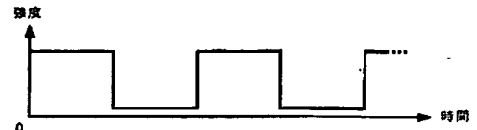
【図20】

図 20

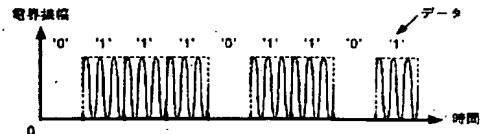
(a) 光ファイバ内位相変調用光源の変調信号



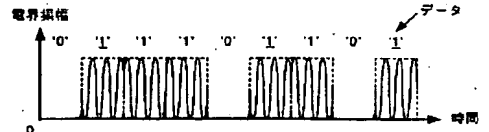
(b) 強度変調光



(c) データ光信号 (光ファイバ入力)



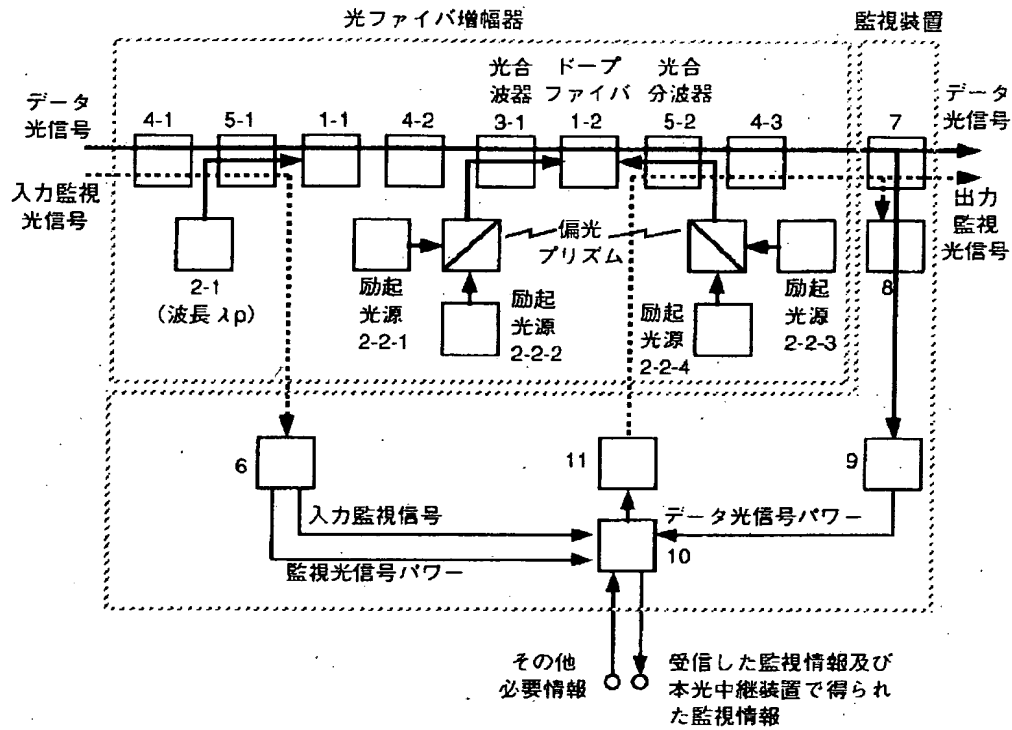
(d) データ光信号 (光ファイバ出力)





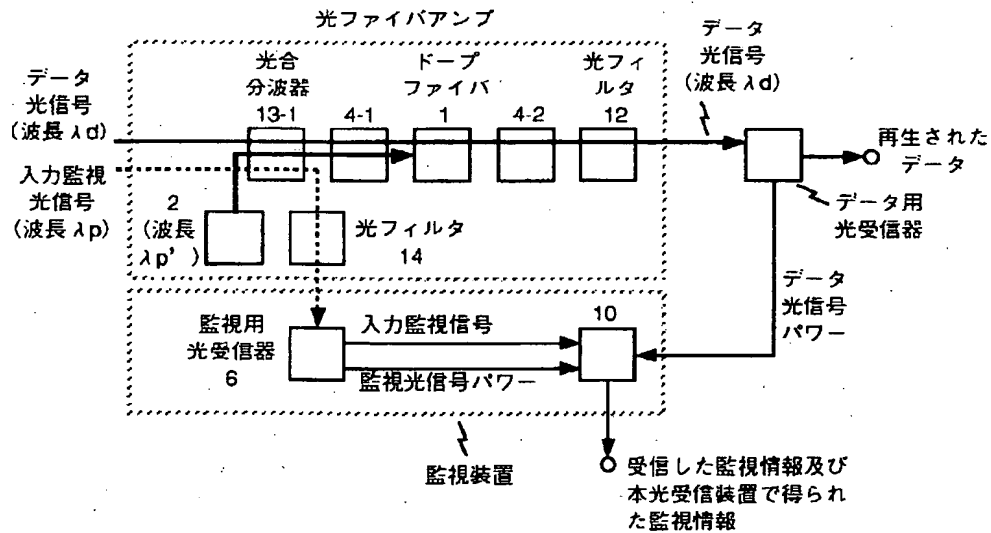
【図 11】

図 11



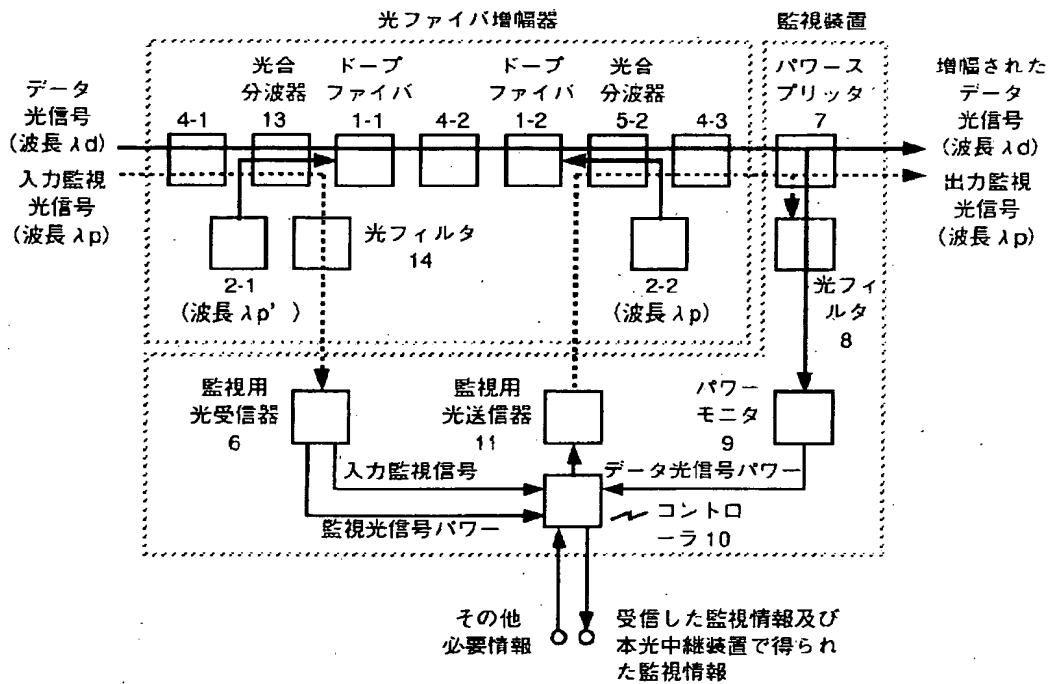
【図 17】

図 17



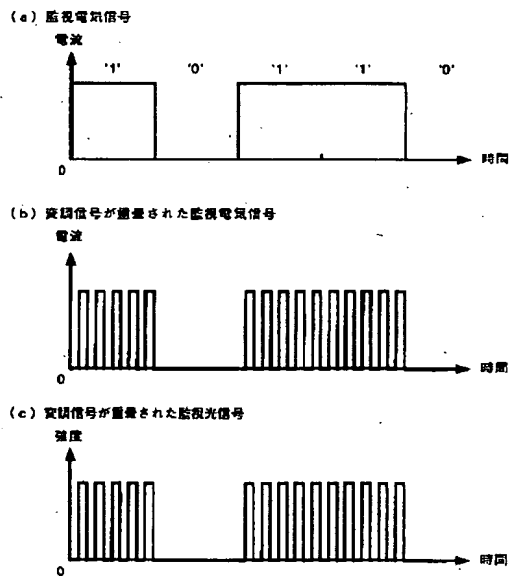
【図 12】

図 12



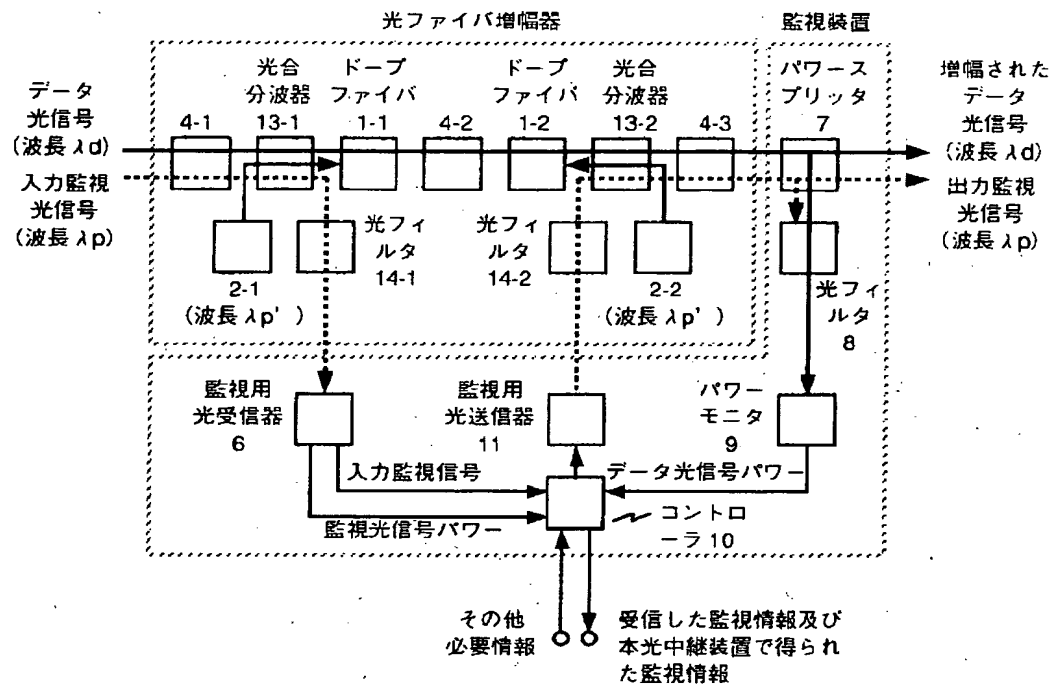
【図 22】

図 22



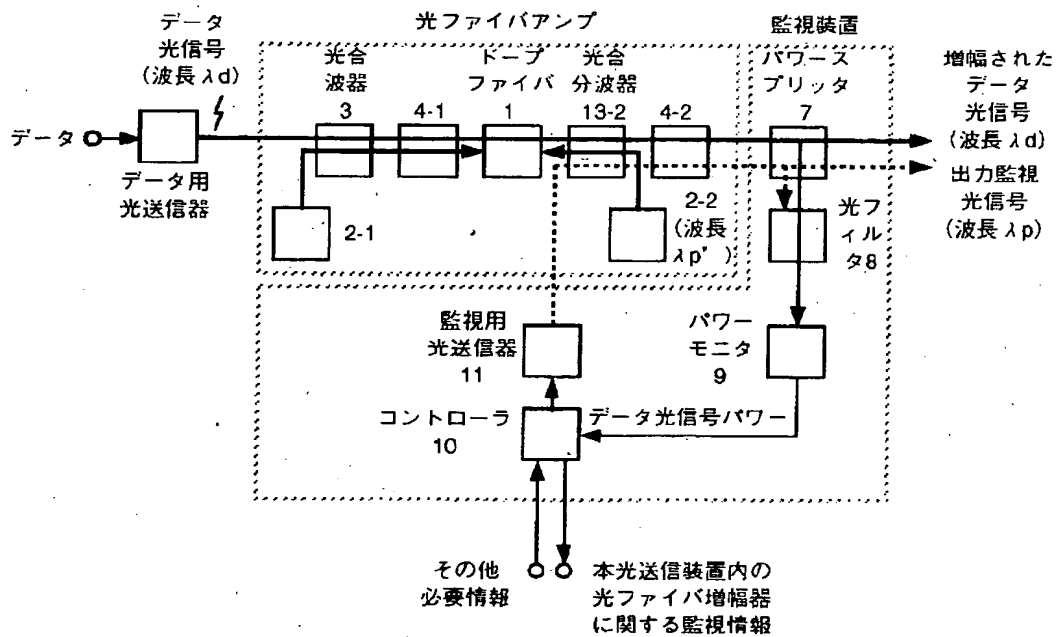
【図15】

図 15



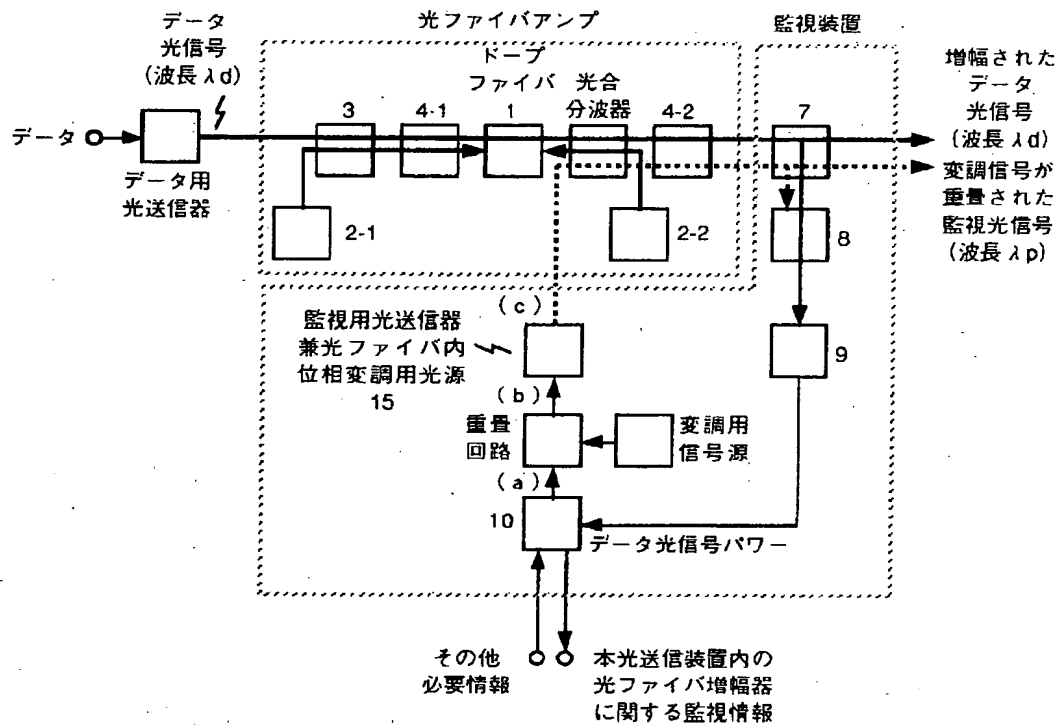
【図18】

図 18



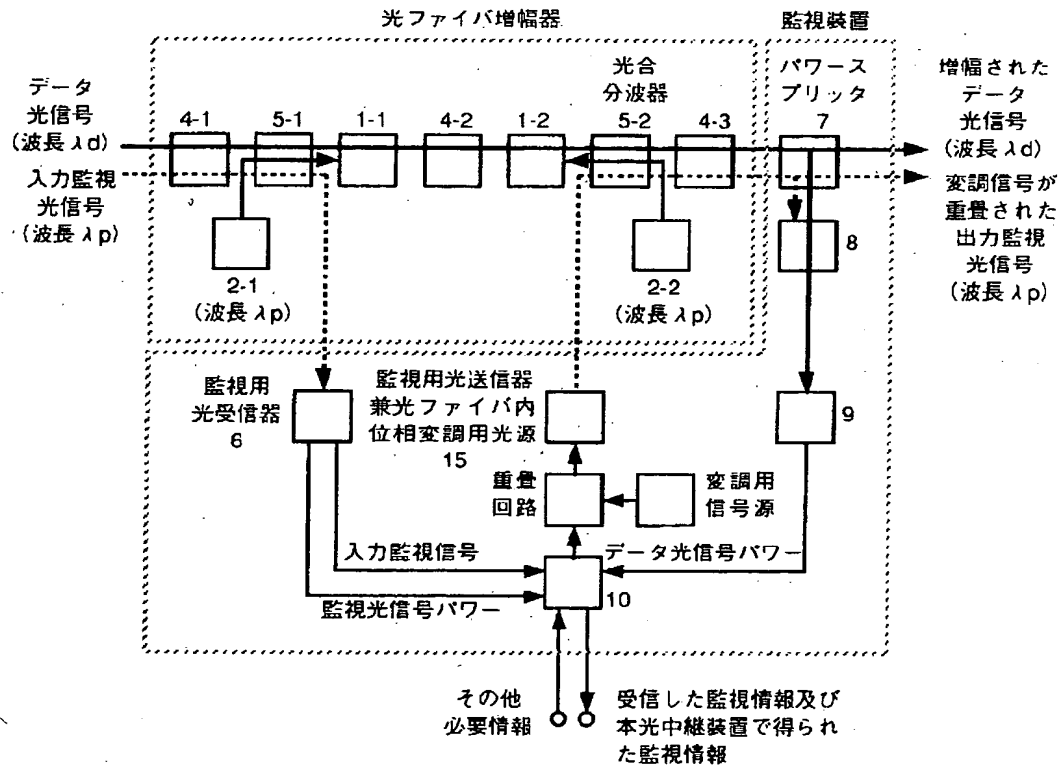
【図21】

図 21



【図23】

図 23



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 5  
H04B 17/02識別記号 庁内整理番号  
E 7170-5K

F I

技術表示箇所

(72) 発明者 中野 博行  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内(72) 発明者 武館 良治  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内(72) 発明者 松田 弘成  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地  
株式会社日立製作所内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.